

Научный журнал

Основан в 2010 г.
Выходит 6 раз в год

Учредитель

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки

Федеральный исследовательский центр
«Коми научный центр УрО РАН»

ИЗВЕСТИЯ

КОМИ НАУЧНОГО ЦЕНТРА
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№3 (49)

Серия «НАУКИ О ЗЕМЛЕ»

2021

Главный редактор:

академик А.М. Асхабов

Зам. главного редактора — чл.-корр. РАН В.Н. Лаженцев

Ответственный секретарь — к.х.н. А.Я. Полле

Редакционная коллегия серии «Науки о Земле»:

д.г.-м.н. А.М. Пыстин (ответственный редактор),

д.г.-м.н. Н.С. Бурдельная (ответственный секретарь),

д.г.-м.н. В.Л. Андреичев, д.г.-м.н. Л.Н. Андреичева, д.г.-м.н. А.И. Антошкина, к.г.-м.н. Е.В. Антропова,

д.г.-м.н. Т.М. Безносова, к.г.-м.н. И.Н. Бурцев, д.г.-м.н. Д.А. Бушнев, акад. Л.А. Вайсберг,

к.геогр.н. Т.Е. Дмитриева, д.г.-м.н. В.А. Жемчугова, к.г.-м.н. А.В. Журавлев,

д.г.-м.н. С.Г. Ковалев, д.т.н. С.А. Кондратьев, д.г.-м.н. О.Б. Котова,

д.г.-м.н. Н.Б. Кузнецов, д.г.-м.н. С.К. Кузнецов, чл.-корр. РАН В.Н. Лаженцев,

д.г.-м.н. Н.А. Малышев, д.г.-м.н. В.В. Мурзин, д.г.-м.н. Н.Ю. Никулова,

к.г.-м.н. А.А. Соболева, д.геогр.н. Г.Г. Осадчая, д.г.-м.н. О.М. Прищепа,

д.г.-м.н. В.И. Ракин, д.т.н. В.И. Ростовцев, к.г.-м.н. В.А. Салдин, д.г.-м.н. С.А. Светов,

к.г.-м.н. Н.Н. Тимонина, к.г.-м.н. В.В. Удоратин, д.г.-м.н. Т.Г. Шумилова,

д.г.-м.н. В.В. Щипцов, prof. E.Ciftic (Стамбул, Турция), prof. P. Mannik (Таллинн, Эстония)

Редакционный совет:

акад. В.В. Алексеев, чл.-корр. РАН В.Н. Анфилов, д.и.н. Е.Т. Артемов,

чл.-корр. РАН А.А. Барях, д.м.н. Е.Р. Бойко, акад. В.И. Бердышев,

акад. В.Н. Большаков, д.э.н. Н.М. Большаков, проф. Т.М. Бречко, д.б.н. М.В. Гецен,

акад. А.Д. Гвишиани, д.б.н. С.В. Дёгтева, д.и.н. А.Е. Загребин,

д.э.н. В.А. Ильин, акад. В.А. Коротеев, чл.-корр. РАН С.В. Кривовичев,

д.и.н. Е.Ф. Кринко, чл.-корр. РАН А.В. Кучин, чл.-корр. РАН Ю.Б. Марин,

акад. В.П. Матвеев, д.и.н. В.И. Меньковский, акад. Г.А. Месяц,

д.и.н. П.Ю. Павлов, к.г.-м.н. А.М. Плякин, чл.-корр. РАН В.Н. Пучков,

чл.-корр. РАН И.М. Роцевская, акад. М.П. Роцевский, д.х.н. С.А. Рубцова,

д.и.н. Э.А. Савельева, к.и.н. А.В. Самарин, чл.-корр. РАН А.Ф. Титов,

д.филол.н. Г.В. Федюнева, акад. В.Н. Чарушин, д.т.н. Ю.Я. Чукреев,

д.б.н. Е.В. Шамрикова, акад. В.С. Шацкий, д.б.н. Д.Н. Шмаков, д.т.н. Н.Д. Цахая

Адрес редакции:

167982, Республика Коми, Сыктывкар, ул.Коммунистическая, 24

Коми научный центр УрО РАН, каб. 317.

Тел. (8212) 24-47-79, факс (8212)24-22-64

E-mail: journal@frc.komisc.ru

www.izvestia.komisc.ru

Подписной индекс в каталоге «Почта России» 52047

*Журнал включен в перечень
рецензируемых научных изданий ВАК*

ISSN 1994-5655

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору за
соблюдением законодательства в сфере массовых
коммуникаций и охране культурного наследия. Свид. о
регистрации средств массовой информации ПИ № ФС
77- 26969 от 11 января 2007 г.

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр «Коми научный центр УрО РАН», 2021

Science Journal
Founded in 2010
Published 6 times a year

Established by
Federal State Budgetary
Institution of Science
Federal Research Centre
«Komi Science Centre, Ural Branch, RAS»

PROCEEDINGS

OF THE KOMI SCIENCE CENTRE
URAL BRANCH
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

№3(49)

«EARTH SCIENCES» series

2021

Editor-in-chief:

academician A.M. Askhabov

Deputy editor-in-chief — RAS corresp. member V.N. Lazhentsev

Executive Secretary — Cand. Sci. (Chemistry) A.Ya. Polle

Editorial Board «Earth Sciences»:

Dr. Sci. (Geol.&Mineral.) A.M. Pystin (Executive Editor),
Dr. Sci. (Geol.&Mineral.) N.S. Burdelnaya (Executive Secretary),
Dr. Sci. (Geol.&Mineral.) V.L. Andreichev, Dr. Sci. (Geol.&Mineral.) L.N. Andreicheva,
Dr. Sci. (Geol.&Mineral.) A.I. Antoshkina, Cand. Sci. (Geol.&Mineral.) E.V. Antropova,
Dr. Sci. (Geol.&Mineral.) T.M. Beznosova, Cand. Sci. (Geol.&Mineral.) I.N. Burtsev,
Dr. Sci. (Geol.&Mineral.) D.A. Bushnev, acad. L.A. Vaisberg, Cand. Sci. (Geogr.) T.E. Dmitrieva,
Dr. Sci. (Geol.&Mineral.) V.A. Zhemchugova, Cand. Sci. (Geol.&Mineral.) A.V. Zhuravlev,
Dr. Sci. (Geol.&Mineral.) S.G. Kovalev, Dr. Sci. (Tech.) S.A. Kondratyev,
Dr. Sci. (Geol.&Mineral.) O.B. Kotova, Dr. Sci. (Geol.&Mineral.) N.B. Kuznetsov,
Dr. Sci. (Geol.&Mineral.) S.K. Kuznetsov, RAS corresp. member V.N. Lazhentsev,
Dr. Sci. (Geol.&Mineral.) N.A. Malyshev, Dr. Sci. (Geol.&Mineral.) V.V. Murzin,
Dr. Sci. (Geol.&Mineral.) N.Yu. Nikulova, Cand. Sci. (Geol.&Mineral.) A.A. Soboleva,
Dr. Sci. (Geogr.) G.G. Osadchaya, Dr. Sci. (Geol.&Mineral.) O.M. Prishchepa,
Dr. Sci. (Geol.&Mineral.) V.I. Rakin, Dr. Sci. (Tech.) V.I. Rostovtsev,
Cand. Sci. (Geol.&Mineral.) V.A. Saldin, Dr. Sci. (Geol.&Mineral.) S.A. Svetov,
Cand. Sci. (Geol.&Mineral.) N.N. Timonina, Cand. Sci. (Geol.&Mineral.) V.V. Udoratin,
Dr. Sci. (Geol.&Mineral.) T.G. Shumilova, Dr. Sci. (Geol.&Mineral.) V.V. Shchiptsov,
Prof. E. Ciftic (Istanbul, Turkey), Prof. P. Mannik (Tallinn, Estonia)

Editorial Council:

acad. V.V. Alekseev, RAS corresp. member V.N. Anfilogov, Dr. Sci. (Hist.) E.T. Artemov,
RAS corresp. member A.A. Baryakh, Dr. Sci. (Med.) E.R. Bojko, acad. V.I. Berdyshev, acad. V.N. Bolshakov,
Dr. Sci. (Econ.) N.M. Bolshakov, Prof. T.M. Brechko, Dr. Sci. (Biol.) M.V. Getsen, acad. A.D. Gvishiani,
Dr. Sci. (Biol.) S.V. Degteva, Dr. Sci. (Hist.) A.E. Zagrebin, Dr. Sci. (Econ.) V.A. Ilyin, acad. V.A. Koroteev,
RAS corresp. member S.V. Krivovichev, Dr. Sci. (Hist.) E.F. Krinko, RAS corresp. member A.V. Kuchin,
RAS corresp. member Yu.B. Marin, acad. V.P. Matveenko, Dr. Sci. (Hist.) V.I. Men'kovsky,
acad. G.A. Mesyats, Dr. Sci. (Hist.) P.Yu. Pavlov, Cand. Sci. (Geol.&Mineral.) A.M. Plyakin,
RAS corresp. member V.N. Puchkov, RAS corresp. member I.M. Roshchevskaya, acad. M.P. Roshchevsky,
Dr. Sci. (Chem.) S.A. Rubtsova, Dr. Sci. (Hist.) E.A. Savelyeva, Cand. Sci. (Hist.) A.V. Samarin,
RAS corresp. member A.F. Titov, Dr. Sci. (Philol.) G.V. Fedyunova,
acad. V.N. Charushin, Dr. Sci. (Tech.) Yu.Ya. Chukreev, Dr. Sci. (Biol.) E.V. Shamrikova,
acad. V.S. Shatsky, Dr. Sci. (Biol.) D.N. Shmakov, Dr. Sci. (Tech.) N.D. Tskhadaya

Editorial Office:

Office 317, Komi Science Centre,
Ural Branch, RAS
24, Kommunisticheskaya st., Syktyvkar 167982, Komi Republic
Tel. +78212 244779 Fax +78212 242264
E-mail: journal@frc.komisc.ru
www.izvestia.komisc.ru

The "Russian Post" catalogue subscription index 52047

ISSN 1994-5655

Registered by the Russian Federal Surveillance Service for
Compliance with the Law in Mass Communications and Cul-
tural Heritage Protection. The certificate of mass media reg-
istration - ПИ № ФС 77-26969 dated 11 January, 2007

*The journal is included in the list of peer-reviewed
scientific publications
of the Higher Attestation Commission
of the Russian Federation*

© Federal State Budgetary Institution of Science Federal Research Centre
"Komi Science Centre, Ural Branch, RAS", 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Н.С. Уляшева, О.В. Удоратина. Петрогеохимическая характеристика мафит-ультрамафитовых пород южной части Марункеуского блока (Полярный Урал).....	5–13
О.В. Удоратина, А.М. Шмакова, Д.А. Варламов, А.С. Шуйский. Щелочно-ультраосновные породы Новобобровского рудного поля (Средний Тиман): минералогия, петрография.....	14–21
А.М. Шмакова, К.В. Куликова. Геохимическая характеристика позднедевонских базальтоидов полуострова Канин и Среднего Тимана.....	22–31
Ю.В. Денисова. Петрохимические особенности гранито-гнейсов Николайшорского массива (Приполярный Урал)	32–40
И.И. Даньщикова, Т.В. Майдль, А.В. Журавлев, В.С. Никифорова. Силурийские карбонатные породы-коллектора зоны сочленения Хорейверской впадины и гряды Чернышева.....	41–48
В.И. Каткова, Т.М. Безносова, В.Н. Филиппов Псевдоморфообразование по раковинам силурийских брахиопод.....	49–55
В.А. Исаков. Генетические типы межморенных флювиальных отложений на севере Печорской низменности.....	56–64
С.К. Кузнецов, И.Н. Бурцев, М.Б. Тарбаев, Н.Н. Тимонина, Р.И. Шайбеков. Минерально-сырьевые ресурсы Воркутинского района и перспективы их освоения.....	65–74
Е.С. Пономаренко. Геологические результаты Верхне-Печорского отряда А.А. Чернова.....	75–81
Юбилей.....	82–83

C O N T E N T S

N.S. Ulyasheva, O.V. Udoratina. Petrogeochemical characteristics of mafite-ultramafite rocks of the southern part of the Marunkeu block (Polar Urals).....	5–13
O.V. Udoratina, A.M. Shmakova, D.A. Varlamov, A.S. Shuisky. Alkaline-ultrabasic rocks of Novobobrovsky ore field (Middle Timan): mineralogy, petrography.....	14–21
A.M. Shmakova, K.V. Kulikova. Geochemical characteristics of the Late Devonian basaltoids of the Kanin Peninsula and the Middle Timan.....	22–31
Yu.V. Denisova. Petrochemical features of granite-gneisses of the Nikolaishor massif (Subpolar Urals).....	32–40
I.I. Danshchikova, T.V. Maidl, A.V. Zhuravlev, V.S. Nikiforova. Silurian carbonate reservoir rocks of the joint zone of the Khoreyver depression and the Chernyshev ridge.....	41–48
V.I. Katkova, T.M. Beznosova, V.N. Filippov. Pseudo-morphogenesis in the shells of the Silurian brachiopods.....	49–55
V.A. Isakov. Genetic types of inter-morainic fluvial deposits in the north of the Pechora lowland.....	56–64
S.K. Kuznetsov, I.N. Burtsev, M.B. Tarbaev, N.N. Timonina, R.I. Shaibekov. Mineral resources of the Vorkuta region and the prospects of their development.....	65–74
E.S. Ponomarenko. Geological results of the A.A. Chernov Upper-Pechora team.....	75–81
Anniversaries	82–83

УДК 552.48(234.851)
DOI 10.19110/1994-5655-2021-3-5-13

Н.С. УЛЯШЕВА*, О.В. УДОРАТИНА,****

**ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА МАФИТ-
УЛЬТРАМАФИТОВЫХ ПОРОД ЮЖНОЙ
ЧАСТИ МАРУНКЕУСКОГО БЛОКА
(ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)**

**Институт геологии им. акад. Н. П. Юшкина
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар*

***Томский государственный университет,
г. Томск*

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

N.S. ULYASHEVA*, O.V. UDORATINA,****

**PETROGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS
OF MAFITE-ULTRAMAFITE ROCKS OF THE
SOUTHERN PART OF THE MARUNKEU BLOCK
(POLAR URALS)**

**N.P.Yushkin Institute of Geology, Federal
Research Centre Komi Science Centre,
Ural Branch, RAS, Syktyvkar*

***Tomsk State University, Tomsk*

Аннотация

В статье приведены результаты петрографического и петрогеохимического изучения измененных мафит-ультрамафитовых пород южной части Марункеуского блока Полярного Урала, локализованных в среднерифейских отложениях няровейской серии и принадлежащих ампельшорскому комплексу раннего-среднего ордовика. Установлено, что первичный состав метаморфитов соответствовал высокомагнезиальным, низкотитанистым, низкоглиноземистым и калиево-натриевым толеитовым габбро-долеритам и перидотитам. По содержаниям редких и редкоземельных элементов они отличаются от континентальных рифтогенных образований и близки к толеитам энсиматических островных дуг.

Ключевые слова:

перидотит, габбро-долерит, геохимия, метаморфизм, геодинамическая обстановка, Полярный Урал

Abstract

In the Polar Urals, in the Central and Western tectonic zones, small bodies of mafic-ultramafic rocks are widespread. Their age, petrographic and geochemical features are poorly studied. The paper presents the results of petrographic and petro-geochemical study of muscovite-albite-epidote-amphibole and pyroxene-amphibole-chlorite rocks of the southern part of the Marunkeu block of the Polar Urals, localized in the Middle Riphean sediments of the Nyarovey series and presumably belonging to the Ampelshor complex (O₁₋₂). The primary composition of metamorphites corresponded to high-magnesian, low-titanic, low-alumina, and potassium-sodium tholeiitic hornblende gabbro-dolerites (dolerites) and peridotites formed either from primary magmas melted at the level of the spinel facies from the depleted mantle under the influence of an aqueous fluid, or by intra-chamber differentiation. In terms of the contents of rare and rare-earth elements, they differ from continental riftogenic formations (in particular, dolerites of the Orangyugan-Lemva complex) and are close to the tholeiites of the ensimatic island arcs.

Keywords:

peridotite, gabbro-dolerite, geochemistry, metamorphism, geodynamic setting, Polar Urals

Введение

Мафит-ультрамафитовые породы участвуют в строении океанической коры, а также распространены в надсубдукционных и платформенных обстановках. В пределах складчатых областей они встречаются в основном в составе офиолитовых ассоциаций. Геохимические особенности этих пород являются чуткими индикаторами геодинамических условий формирования. На Полярном Урале мафит-ультрамафиты в виде отдельных небольших блоков или тел приурочены к выходам докембрийского фундамента и палеозоя в пределах Центрально- и Западно-Уральской зон. Возраст их, согласно одним работам, варьирует от раннего протерозоя до ордовика [1, 2], а по другим источникам является палеозойским [3, 4]. Многие тела петрографически, геохимически и геохронологически слабо исследованы и требуют типизации.

Изучены мафит-ультрамафитовые породы в южной части Марункеуского блока (руч. Перидотитовый, рис. 1), где они приурочены к отложениям верхнехарьбейской свиты няровейской серии верхнего рифея [5] и предположительно относятся к ранне-среднеордовикскому ампельшорскому комплексу [1]. Исследование петрографических и петрогеохимических особенностей этих пород позволит уточнить геодинамические обстановки их формирования.

Краткая геологическая характеристика Ампельшорского комплекса. Ампельшорский комплекс представлен телами аллохтонных апоперидотитовых, аподунитовых, антигоритовых серпентинитов, которые контролируются зонами тектонических нарушений надвигового типа в Западно- и Центрально-Уральской тектонических зонах Полярного Урала [1, 3, 4]. В состав ампельшорского комплекса согласно работам М. А. Шишкина и других

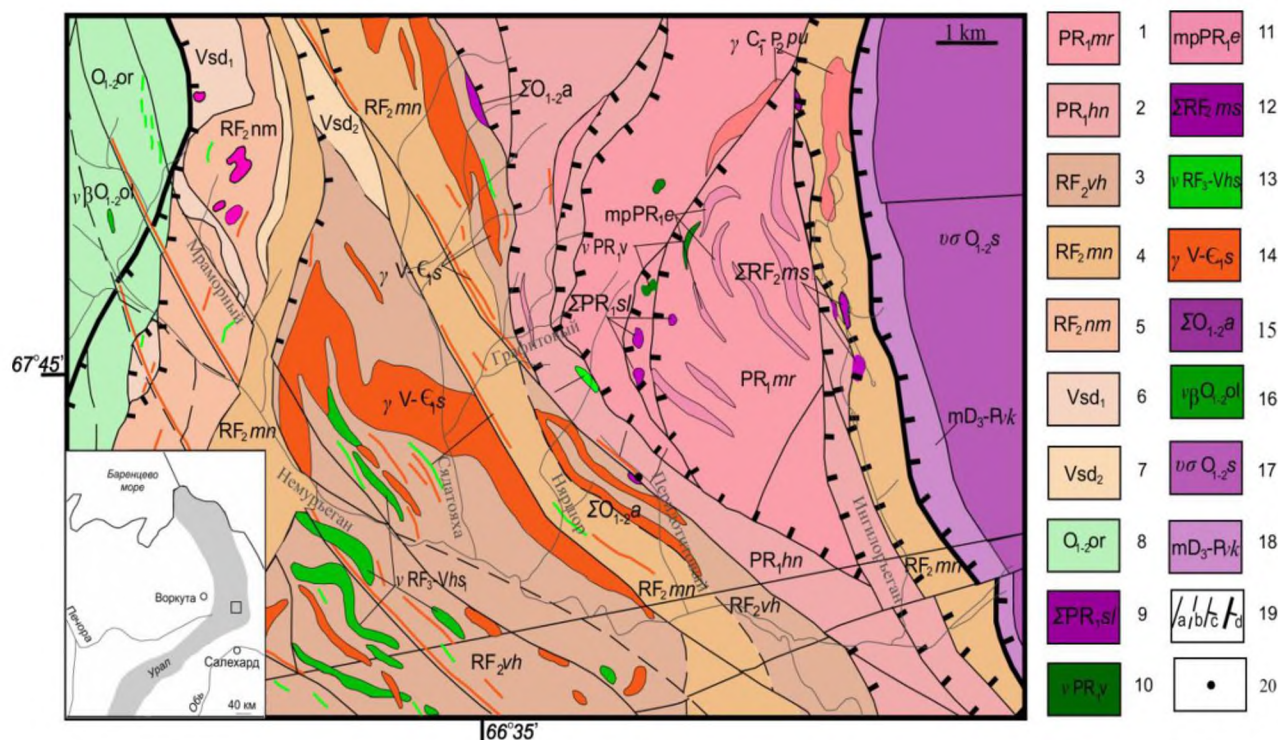


Рис. 1. Схематическая геологическая карта бассейна р. Немуръеган (по [1]). Условные обозначения: 1 – марункеуская свита; 2 – ханмейхойская свита; 3 – верхнехарьбейская свита; 4 – минисейшорская свита; 5 – немурьюганская свита; 6 – нижняя подсвита сядатинской свиты; 7 – верхняя подсвита сядатинской свиты; 8 – орангская свита; 9 – сльдьяногорский комплекс габбро-гипербазитовый эцлогитизированный плутонический; 10 – васькеуский комплекс плутонический метагаббро-долеритовый гипабиссальный; 11 – евьюганский комплекс мигматит-плагиогранитовый плутонический; 12 – минисейский комплекс измененных гипербазитов плутонический; 13 – харьбей-собский комплекс габбро-гранодиоритовый; 14 – сядатояхинский комплекс гранитовый плутонический; 15 – ампельшорский комплекс измененных ультрамафитов плутонический; 16 – орангьюганско-лемвинский комплекс габбро-долеритовый гипабиссальный; 17 – сымкеуский комплекс дунит-гардбургитовый плутонический; 18 – войкар-кемпирсайский комплекс тектонитов; 19 – разрывные нарушения: а – сдвиги, b – неустановленной кинематики, c – взбросо-надвиги второстепенные, d – взбросо-надвиги главные; 20 – место отбора проб.

Fig. 1. Schematic geological map of the Nemuryegan river basin (according to [1]). Legend: 1 – Marunkeu formation, 2 – Khanmeikhoi formation; 3 – Upper Kharbei formation; 4 – Miniseishor formation; 5 – Nemuryugan formation; 6 – Lower subformation of the Syadatin formation; 7 – Upper subformation of the Syadatin formation; 8 – Orang formation; 9 – Slyudyanogor complex gabbro-hyperbasite eclogitized plutonic; 10 – Vaskeyu complex plutonic metagabbro-doleritic hypabyssal; 11 – Evyugan complex migmatite-plagiogranite plutonic; 12 – Minisey complex of altered hyperbasites plutonic; 13 – Kharbey-Sobsk gabbro-granodiorite complex; 14 – Syadatoyakh complex granite plutonic; 15 – Ampelshor complex of altered ultramafic rocks, plutonic; 16 – Orangyugan-Lemva complex gabbro-doleritic hypabyssal; 17 – Syumkeu complex dunite-harzburgite plutonic; 18 – Voykar-Kempirsai complex of tectonites; 19 – discontinuous faults: a – shifts, b – unidentified kinematics, c – minor upthrusts, d – major upthrusts; 20 – sampling site.

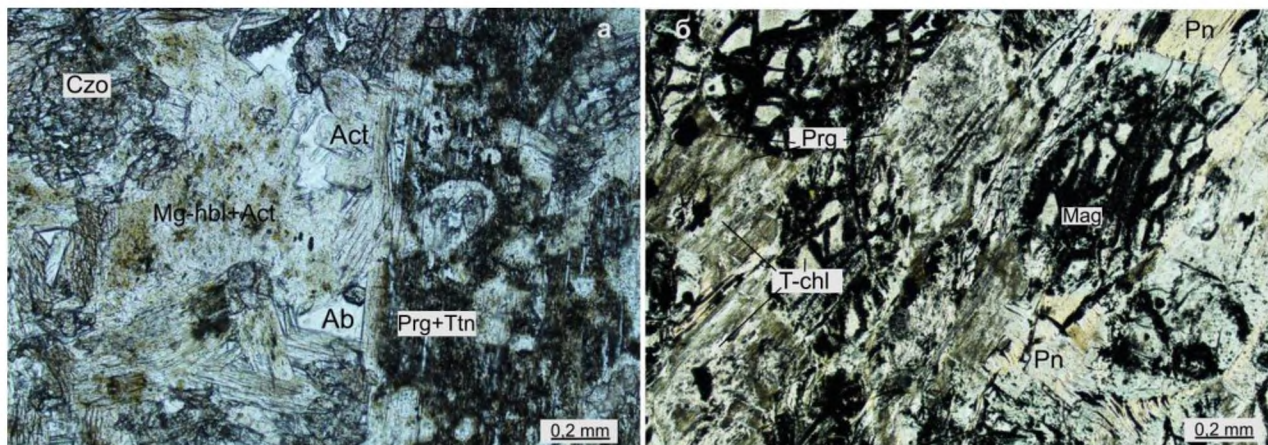


Рис. 2. Примеры микроструктур и формы выделения минералов в мусковит-альбит-клиноцоизит-амфиболовой (а) и пироксен-амфибол-хлоритовой (б) породах. Фотографии шлифов (без анализатора). Czo – клиноцоизит, Mg-hbl – магнезиальная роговая обманка, Act – актинолит, Ab – альбит, Prg – паргасит, Ttn – титанит, T-chl – тальк-хлорит, Pn – пеннин, Mag – магнетит.

Fig. 2. Examples of microstructures and forms of mineral separation in muscovite-albite-clinozoisite-amphibole (a) and pyroxene-amphibole-chlorite (b) rocks. Photos of thin sections (without the analyzer). Czo — clinozoisite, Mg-hbl — magnesian hornblende, Act — actinolite, Ab — albite, Prg — pargasite, Ttn — titanite, T-chl — talc-chlorite, Pn — pennine, Mag — magnetite.

[4] включены мелкие тела серпентинизированных метапикритов и пикродолеритов, локализованных в зоне Саурейяхинского надвига. В современном своем положении тела комплекса имеют тектонические взаимоотношения с вмещающими толщами и представлены протрузиями. Так как тела серпентинитов и метапикритов тяготеют к Саурейяхинскому разлому – крупному сутурному шву, который унаследован с рифтогенного этапа, исследователи считают [4], что формирование пород происходило на континентальном склоне в результате континентального рифтогенеза.

Возраст комплекса считают условно ранне-среднеордовикским по приуроченности тел серпентинитов к разломам, которые в современном положении находятся среди образований няровейской серии, малопапудынской и орангской свит [1, 3, 4]. Геохронологические определения возраста Sm-Nd методом метадунитов дали неизохронные датировки – 833 и 1426 млн лет [3], связанные, по мнению авторов, с многократным метаморфизмом пород.

Методы исследования

Отбор образцов и проб пород производился в 2017 г. по правому берегу руч. Перидотитового около 2 км выше его устья при тематических исследованиях магматических 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 в ЦКП «Геонаука» в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар). Содержания петрогенных компонентов получены с помощью классического химического анализа, а концентрации редких и редкоземельных элементов установлены на масс-спектрометре с индуктивной связанной плазмой (ICP-MS метод) в ЦЛ ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург). Геодинамические ре-

конструкции проведены исходя из предположения об изохимическом характере вторичных изменений [6], отдавая себе отчет в том, что и при изохимическом типе метаморфизма может быть заметное перераспределение элементов в объеме конкретных геологических тел.

Петрографическая и петрогеохимическая характеристика пород. Изученные породы представлены мусковит-альбит-клиноцоизит-амфиболовыми и пироксен-амфибол-хлоритовыми образованиями.

Мусковит-альбит-клиноцоизит-амфиболовая порода темного серо-зеленого цвета, характеризуется под микроскопом массивной текстурой и лепидогранонематобластовой, порфиروبластовой (реликтовой порфириформной (?)) микроструктурой. Порода состоит (об., %) из амфибола (70), клиноцоизита (15–20), альбита (5–10) и мусковита (5). Акцессорные минералы представлены титанитом (2), апатитом (до 1) и баритом (менее 1), рудные – пиритом (1–2), редкими зернами пирротина, халькопирита и галенита.

Порфиروبласты образуют призматические и ромбовидные (поперечные сечения) зерна амфибола размером до 2–3 мм с пятнистой зеленовато-коричневой окраской. В одном зерне амфибола участки с буровато-коричневой окраской приурочены обычно к центральным частям минерала и отвечают по составу амфиболу – высокотитанистому хромистому паргаситу и эдениту (TiO_2 – 1.57–3.83 мас. %, а пятна с бледно-зеленой окраской и бесцветные зоны отвечают по составу магнезиальной роговой обманке и актинолиту (рис. 2, а). Между порфиروبластами в межзерновом пространстве развиваются более мелкие бесцветные и бледно-зеленые призматические образования амфибола в основном актинолита совместно с клиноцоизитом, альбитом и мусковитом размерами от 0.15 до 1.5 мм. Единственным сохранившимся магматическим минералом, скорее всего, является амфибол – пар-

Химический состав (мас., %), содержание редких, рассеянных и редкоземельных элементов (г/т) в исследованных породах**Chemical composition (wt.%), content of rare, trace and rare-earth elements (ppm) in the studied rocks**

Элемент	1	2	Элемент	1	2
SiO ₂	38.08	49.98	La	2.23	3.57
TiO ₂	0.33	0.59	Ce	5.31	8.86
Al ₂ O ₃	5.45	11.08	Pr	0.74	1.38
Fe ₂ O ₃	5.92	1.69	Nd	3.33	6.75
FeO	7.55	6.01	Sm	0.89	2.00
MnO	0.18	0.13	Eu	0.33	0.71
CaO	1.22	12.82	Gd	0.95	2.39
MgO	30.95	12.82	Tb	0.16	0.4
K ₂ O	0.04	0.82	Dy	0.98	2.51
Na ₂ O	0.14	1.07	Ho	0.2	0.55
P ₂ O ₅	0.048	0.055	Er	0.55	1.52
Sc	13.2	58.2	Tm	0.08	0.2
V	89.8	297	Yb	0.54	1.27
Cr	2830	837	Lu	0.08	0.2
Co	120	43.0	Hf	0.52	1.07
Ni	289	69.0	Pb	2.81	3.57
Cu	32.4	76.5	Th	0.38	0.58
Zn	99.6	78.0	U	0.12	0.19
Rb	<2	19.8	(La/Yb)n	2.92	1.99
Sr	9.63	128	(La/Sm)n	1.56	1.11
Y	5.35	13.7	(Gd/Yb)n	1.42	1.52
Zr	20.5	35.1	(Sm/Yb)n	1.86	1.78
Nb	0.64	1.10	Th/Nb	0.59	0.52
Ba	11.8	215	Ce/Nb	8.29	8.05

Примечание: 1 (обр. U34/17) – пироксен-амфибол-хлоритовая порода – (метаультрамафит), 2 (обр. U34a/17) – мусковит-альбит-клиноцоизит-амфиболовая порода (метабазит).

Note: 1 (sample U34/17) – pyroxene-amphibole-chlorite rock (metaultramafite), 2 (sample U34a/17) – muscovite-albite-clinozoisite-amphibole rock (metabasite).

гасит и эденит, который, по-видимому, в магматической породе представлял собой фенокристаллы на фоне более мелкозернистой кристаллической массы. При вторичных изменениях по нему начали развиваться актинолит, мусковит и титанит. Клиноцоизит и альбит, по всей видимости, представляют собой продукты замещения не сохранившегося основного по составу плагиоклаза.

Пироксен-амфибол-хлоритовая порода имеет нематолепидобластовую и реликтовую пойкилитовую микроструктуру, местами сланцеватую текстуру. Основной объем породы (до 70–80 об., %) занимают хлорит (талк-хлорит и пеннин) и в меньшей степени тремолит, развивающиеся по первично-магматическим минералам: клинопироксену (авгит, диопсид) и амфиболу (паргасит, эденит). В сланце сохранились контуры идиоморфного субизометричного и удлиненного минерала, по всей видимости, реликтового оливина, размером до 2.5 мм, занимающего до 40–50 % от объема породы (рис. 2, б). Контуры этого минерала распознаются по наличию систем поперечных трещин, выполненных магнетитом. Промежутки между трещинами заполнены мелкочешуйчатым хлоритом и реже тремолитом. В пространстве между реликтами оливина наблюдаются зерна бесцветного пироксена и высокомагнезиального, высокохромистого зеленовато-бурого амфибола – паргасита и эденита. Крупные призматические зерна амфибола содержат реликтовый оливин и пироксен в виде включений и

тем самым обнаруживают позднюю кристаллизацию, возможно, из остаточных расплавов [7]. Местами пространство (10–15 об., %) между выделениями оливина, пироксена и амфибола заполнено бледно-зеленым чешуйчатым хлоритом, образующим сланцеватую текстуру породы. Рудные минералы представлены (об., %) магнетитом (4–5), хроммагнетитом (2–3), пиритом (2) и кобальтином (1). Так как магматические минералы: оливин, пироксен и амфибол практически полностью замещены вторичными образованиями, то не удастся восстановить первоначальный облик породы. Выделение идиоморфных кристаллов оливина на ранних этапах кристаллизации магмы характерно как для интрузий (кумулятивная фаза), так и для вулканитов (порфиоровые выделения).

Петрохимический состав вышеописанных пород показан в таблице. На классификационной диаграмме SiO₂ – Na₂O+K₂O [8] точка состава мусковит-альбит-клиноцоизит-амфиболовой породы располагается в области базальта, долерита и габбро, а пироксен-амфибол-хлоритовая порода обнаруживает сходство с пикритом и перидотитом (рис. 3, а). Породы

являются высокомагнезиальными (#mg – 78–85), низкотитанистыми (TiO₂ – 0.33–0.59, мас., %), низкоглиноземистыми и калиево-натриевыми образованиями. Точки составов аподунита, метаперидотитов и серпентинитов ампельшорского комплекса, содержания породообразующих оксидов, которые заимствованы из литературы [2, 3], на диаграмме SiO₂ – Na₂O+K₂O располагаются соответственно в областях дунит-оливинита, перидотита и пироксенита (пикробазальта). На диаграмме AFM [9] точки составов пород образуют тренд, близкий к толеитам (рис. 3, б).

Согласно работам В.С. Куликова с соавторами [10], разработавшими классификацию для высокомагнезиальных вулканических и плутонических пород, ультраосновные породы с количеством MgO – 34–44 мас., % (с пересчетом на сухой остаток) не содержат стекловатой фазы и относятся к перидотитам и дунитам. На диаграмме MgO–Al₂O₃/TiO₂ точки составов мусковит-альбит-клиноцоизит-амфиболовой и пироксен-амфибол-хлоритовой пород (MgO–34.42, мас., %) располагаются соответственно в полях габбро-норита и перидотита, поэтому в дальнейшем будем считать их полнокристаллическими породами. Серпентиниты и метаперидотиты ампельшорского комплекса обнаруживают сходство с пироксенитами (рис. 4).

По химическому и частично минеральному составу согласно петрографическому кодексу [11]

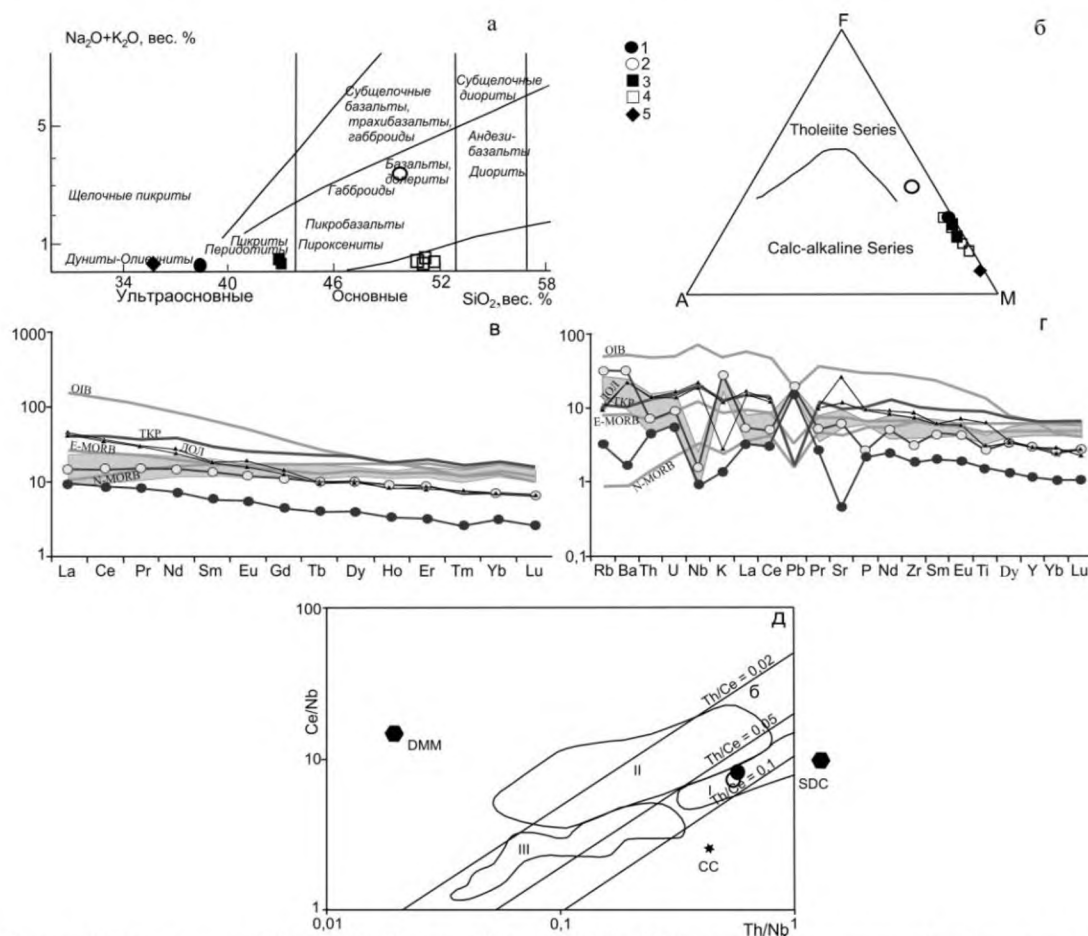


Рис. 3. Классификационные (SiO_2 – $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (а, [8]) и AFM (б, [9])), мультиэлементные (в, г) и идентификационная диаграммы Th/Nb – Ce/Nb (д, [14]). Условные обозначения: 1 – пироксен-амфибол-хлоритовая, 2 – мусковит-альбит-клинозоизит-амфиболовая порода; 3–5 – породы ампельшорского комплекса: 3 – метаперидотит, 4 – серпентинит [2], 5 – аподунит [3]. Спектры: OIB – базальтов океанических островов, E-MORB – обогащенных базальтов срединно-океанических хребтов, N-MORB – примитивных базальтов срединно-океанических хребтов [12], серое поле – толентов базальтов Южно-Сандвичевой энсиматической островной дуги [13], ТКР – толентов красноморского рифта [16], ДОЛ – долеритов орангыганско-лемвинского комплекса [4]. Поля: I – островных дуг, II – задуговых бассейнов, III – океанического плато Онтонг Джава. Точки составов: DMM – деплетированная мантия, SDC – субдукционный компонент, CC – континентальная кора.

Fig. 3. Classification (SiO_2 – $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (a, [8]) and AFM (б, [9])), multielement (в, г) and identification diagrams Th/Nb – Ce/Nb (д, [14]). Legend: 1 – pyroxene-amphibole-chlorite, 2 – muscovite-albite-clinozoisite-amphibole rock; 3–5 – rocks of the Ampelshor complex: 3 – metaperidotite, 4 – serpentinite [2], 5 – apodunite [3]. Spectra: OIB – basalts of oceanic islands, E-MORB – enriched basalts of mid-oceanic ridges, N-MORB – primitive basalts of mid-oceanic ridges [12], gray field – tholeiitic basalts of the South Sandwich ensimatic island arc [13], ТКР – tholeiites of the Red Sea rift [16], ДОЛ – dolerites of the Orangyugan-Lemva complex [4]. Fields: I – island arcs, II – back-arc basins, III – oceanic plateau Ontong Java. Composition points: DMM – depleted mantle, SDC – subduction component, CC – continental crust.

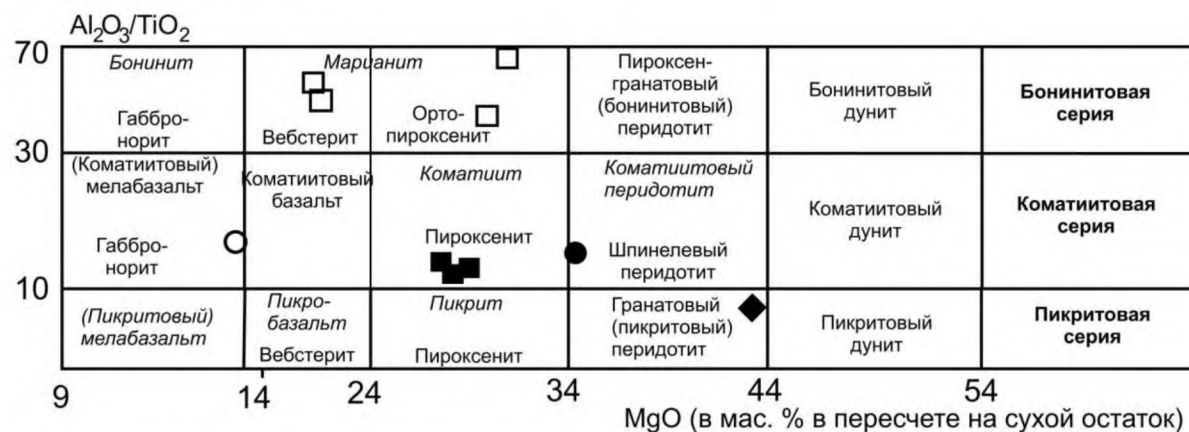


Рис. 4. Классификационная диаграмма $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ – MgO [10]. Условные обозначения см. на рис. 3.

Fig. 4. Classification diagram $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ – MgO [10]. Legend in Fig. 3.

пироксен-амфибол-хлоритовая порода близка к верлитам или роговообманковым перидотитам, а мусковит-альбит-клиноцоизит-амфиболовая – к роговообманковому габбро. Структурные и химические особенности пород, а также реликты магматических минералов дают основание предположить, что первичный состав их соответствовал, скорее всего, роговообманковому долериту или габбро-долериту (мусковит-альбит-клиноцоизит-амфиболовая порода) и роговообманковому перидотиту (пироксен-амфибол-хлоритовая). Вторичные минералы в них представлены актинолитом, клиноцоизитом, тремолитом, хлоритом и мусковитом.

Спектры содержаний редких и редкоземельных элементов в метаультрамафите (пироксен-амфибол-хлоритовая порода) и метабазите (мусковит-альбит-клиноцоизит-амфиболовая порода) имеют субпараллельные линии, что, возможно, указывает на их генетическую связь (рис. 3, в–г). Метаультрамафит характеризуется более низкими содержаниями (см. таблицу) элементов ($\Sigma\text{REE} = 16.37$), чем метабазит ($\Sigma\text{REE} = 32.31$). Спектры распределения редкоземельных элементов (РЗЭ),

нормированные на состав хондрита [12], слабо дифференцированы ($(\text{La/Yb})_n = 1.9; 2.9$; $(\text{La/Sm})_n = 1.1; 1.5$; $(\text{Gd/Yb}) = 1.5; 1.4$), наблюдается превышение легких РЗЭ над тяжелыми без какой-либо аномалии по Eu (рис. 3, в).

На диаграмме мультиэлементного распределения элементов (рис. 3, г) спектр содержаний элементов метабазита отличается от линий океанических вулканитов [12] и наиболее близок к составам базальтов энсиматической островной дуги [13], отличаясь от них лишь немного меньшим количеством тяжелых редкоземельных элементов. Так же, как и в вулканитах островных дуг, в нем наблюдаются положительные аномалии по Sr, Pb и K и отрицательные – по Nb, Zr и Ti. Для метаультрамафита характерна положительная аномалия по Pb и отрицательная – по Nb.

Высокие содержания магния и когерентных элементов (г/т) Ni – 289, 69; Co – 120, 43; Cr – 2830, 837 в породах являются свидетельством того, что формирование их происходило либо из первичных магм, либо при внутрикамерной дифференциации. Невысокие значения отношений $(\text{Gd/Yb})_n = 1.4; 1.5$,

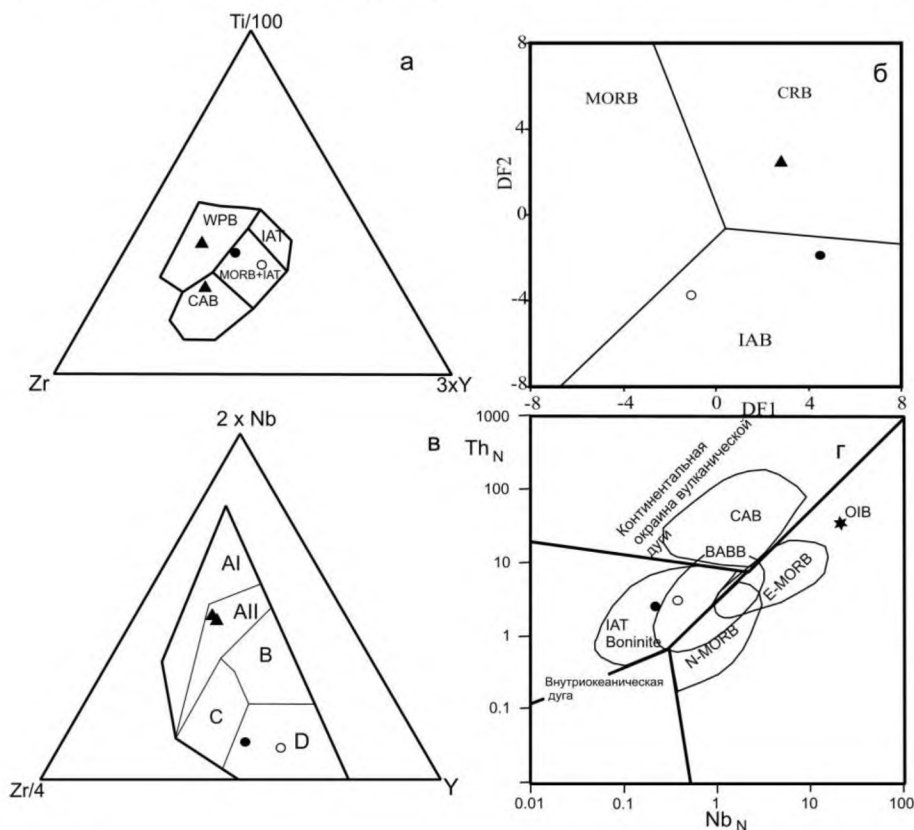


Рис. 5. Диаграммы Zr-Ti/100-3*Y (а, [17]), DF2-DF1 (б, [18]), Zr/4-2*Nb-Y (в, [19]), $\text{Th}_n\text{-Nb}_n$ (г, [20]). Условные обозначения. Поля: WPB – внутриплитных базальтов; IAT (IAB) – толеитов островных дуг; MORB+... – базальтов срединно-океанических хребтов; CAB – известково-щелочных базальтов островных дуг; CRB – континентальных рифтогенных базитов и ультрабазитов; BABB – базальтов задуговых бассейнов; AI, AII – внутриплитных толеитов; B – океанических базальтов E-MORB; C – вулканитов островных дуг и океанических базальтов N-MORB. Закрашенный круг – метаперидотит, незакрашенный круг – метагаббро-долерит, закрашенный треугольник – долериты оранжюганско-лемвинского комплекса.

Fig. 5. Diagrams Zr-Ti/100-3*Y (a, [17]), DF2-DF1 (б, [18]), Zr/4-2*Nb-Y (в, [19]), $\text{Th}_n\text{-Nb}_n$ (г, [20]). Symbols. Fields: WPB – intraplate basalts; IAT (IAB) – tholeiites of island arcs; MORB+... – basalts of mid-oceanic ridges; CAB – calc-alkaline basalts of island arcs; BABB – back-arc basalts; CRB – continental riftogenic mafic and ultramafic rocks; AI, AII – intraplate tholeiites; B – oceanic basalts E-MORB; C – island arc volcanic; D – island arc volcanics and N-MORB oceanic basalts. Filled circle – metaperidotite, open circle – metagabbro-dolerite, filled triangle – dolerites of the Orangyugan-Lemva complex.

и $(\text{Sm/Yb})_n$ – 1.8; 1.9 указывают на то, что магмообразование могло осуществляться на уровне шпинелевой фации. В то же время повышенные значения отношений Th/Nb – 0.59; 0.53, Ce/Nb – 8.3; 8.1 являются признаком влияния на слабообогатщенный мантийный источник (Zr/Y – 3.8; 2.6, Nb/Y – 0.11; 0.08, La/Yb – 4.1; 2.8) субдукционного компонента или водного флюида (рис. 3, д) [14, 15].

Предположение о формировании изучаемых метаморфизованных магматитов в надсубдукционной геодинамической обстановке энсиматической островной дуги не согласуется с представлениями исследователей [3, 4], по мнению которых породы ампельшорского комплекса образовались в обстановке рифтогенеза континентальной коры, синхронного с началом океанической стадии. Для сравнения на рис. 3, в и г приведены составы долеритов оранпоганско-лемвинского комплекса, становление которых, по мнению авторов [3, 4], происходило одновременно с породами ампельшорского комплекса в одной геодинамической обстановке в условиях рифтогенеза. На диаграмме относительно хондрита (рис. 3, в) они имеют более дифференцированный спектр распределения редкоземельных элементов с повышенным содержанием LREE по сравнению с составом изучаемых пород. На спайдер-диаграмме (рис. 3, г) долериты характеризуются повышенными количествами Th, U, Nb, Sr, P и Zr относительно метаультрамафита и метабазита, а линии распределения содержаний этих элементов близки к спектру толеита красноморского рифта [16]. На идентификационных диаграммах [17–20] точки составов долеритов оранпоганско-лемвинского комплекса располагаются в области внутриплитных и континентальных рифтогенных обстановок, а точки составов изучаемых пород – в области толеитов островных дуг (задуговых бассейнов) и N-MORB (см. рис. 5).

Выводы

Изучены породы южной части Марункеуского блока Полярного Урала, локализованные в зоне разрывного нарушения среди верхнерифейских отложений няровейской серии и предположительно принадлежащие ампельшорскому комплексу ранне-среднего ордовика. Они представлены мусковит-альбит-клиноцоизит-амфиболовыми и пироксен-амфибол-хлоритовыми образованиями, первичный состав которых, скорее всего, соответствовал роговобоманковым габбро-долериту (долериту) и перидотиту. Породы являются высокомагнезиальными, низкотитанистыми, низкоглиноземистыми и калиево-натриевыми толеитами. Спектры содержаний в них редких и редкоземельных элементов образуют субпараллельные линии, что может указывать на генетическое родство метаморфизованных магматитов. По характеру распределения малых элементов метаультрамафит и метабазит отличаются от рифтогенных образований, в частности долеритов оранпоганско-лемвинского комплекса, и близки к базальтам энсиматической островной дуги. Однако необходимо отметить, что выводы, касающиеся геодинамических обстановок формирования пород с учетом пока еще очень ограниченного количества

аналитических данных, следует рассматривать как предварительные, требующие проведения дополнительных исследований.

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 R Q-42-I. II (Лаборова). Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2009. 372 с.
2. Прямоносцев А.П., Степанов А.Е., Телегина Т.В., Кузнецов В.И. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000 (издание второе). Серия Полярно-Уральская. Лист Q-41-XII. Салехард. Объяснительная записка. М.: МФ ВСЕГЕИ, 2013. 213 с.
3. Зылёва Л.И., Коновалов А.Л., Казак А.П., Жданов А.В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Западно-Сибирская. Лист Q-42. Салехард. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014. 396 с. + 7 вкл.
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. +11 вкл.
5. Пыстин А.М., Уляшева Н.С., Пыстина Ю.И., Гракова О.В. Источники сноса и U-Pb возраст обломочных цирконов из верхнепротерозойских отложений Полярного Урала: к вопросу о времени заложения тиманской пассивной окраины // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2020. Т. 28. № 5. С. 3–25.
6. Макрыгина В.А. Геохимия регионального метаморфизма и ультраметаморфизма умеренных и низких давлений. Новосибирск: Наука, 1981. 200 с.
7. Базылев Б.А. Петрология и геохимия океанических и альпинотипных шпинелевых перидотитов в связи с проблемой эволюции мантийного вещества: автореф. дис. доктора геолого-минералогических наук: 25.00.09 / Ин-т геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН. М., 2003. 49 с.
8. Магматические горные породы. Классификация, номенклатура, петрография. Т. 1. М.: Наука, 1983. 360 с.
9. Irvine T. E., Baragar W. R. A. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks // Can. J. Earth Sci. 1971. Vol. 8. № 5. P. 523–548.
10. Палеопротерозойский мафит-ультрамафитовый магматизм восточной и центральной Карелии / В.С. Куликов, В.В. Куликова, И.С. Пухтель, Я.В. Бычкова, А.Ю. Бычков // Глубинный магматизм, магматические источники и проблемы плюмов. Тр. II Межд. семинара. Ирк.-Влад., 2002. С. 235–257.
11. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические,

импактные образования. Издание второе, переработанное и дополненное. Санкт-Петербург: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. 204 с.

12. *Sun S.S., McDonough W.F.* Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Magmatism in the oceanic basins. Geol. Soc. Spec. Publ. 1989. No 42. P. 313–345. <http://DOI:10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19>
13. *Pearce J. A., Baker P. E., Harvey P. E., Luff I. W.* in press. Geochemical evidence for subduction fluxes, mantle melting and fractional crystallization beneath the South Sandwich island arc // J. Petrol., 1995. № 36. P. 1073–1109.
14. *Saunders A.D., Norry M.J., Tarney J.* Origin of MORB and chemically-depleted mantle reservoirs: trace element constraints // J. Petrol. 1988. Special Lithosphere Issue. P. 415–445.
15. *Condie K.C.* High field strength element ratios in Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes? // Lithos. 2005. Vol. 79. P. 491–504. DOI: [10.1016 / j.lithos.2004.09.014](https://doi.org/10.1016/j.lithos.2004.09.014)
16. *Mattash M.A., Pinarelli L., Vaselli O. et al.* Geochemical evolution of southern Red Sea and Yemen floodvolcanism: evidence for mantle heterogeneity. Arab J Geosci, 2014. P. 4831–4850. <http://DOI10.1007/s12517-013-1120-1>
17. *Pearce J.A., Cann J.R.* Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses // Earth Planet. Sci. Lett. 19. 1973. P. 290–300.
18. *Verma S.P., Guevara M., Agrawal S.* Discriminating four tectonic settings: five new geochemical diagrams for basic and ultrabasic volcanic rocks based on log-ratio transformation of major-element data. Journal of Earth System Science 115, 2006. P. 485–528. <http://doi:10.1007/BF02702907>
19. *Meschede M.* A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb–Zr–Y diagram // Chem. Geol. 1986. Vol. 56. P. 207–218.
20. *Saccani E.* A new method of discriminating different types of post Archean ophiolitic basalts and their tectonic significance using Th–Nb and Ce–Dy–Yb systematic // Geoscience Frontiers, 2014. P. 1–21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gsf.2014.03.006>.

References

1. *Dushin V.A., Serdyukova O.P., Malyugin A.A. et al.* Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii masshtaba 1:200 000. Izdanie vtoroje. 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. Polar-Urals series. Sheet R Q-42-I. II (Labor). Explanatory note]. St.Petersburg: VSEGEI, 2009. 372 p.
2. *Pryamonosov A.P., Stepanov A.E., Telegina T.V., Kuznetsov V.I. et al.* Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii.

- Masshtab 1:200 000 (izdanie vtoroje). Serija Poljarno-Ural'skaja. List Q-41-XII – Salekhard. Objasnitel'naja zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 200 000 (second edition). Polar-Urals series. Sheet Q-41-XII. Salekhard. Explanatory note]. Moscow: MF VSEGEI, 2013. 213 p.
3. *Zylyova L.I., Kononov A.L., Kazak A.P., Zhdanov A.V. et al.* Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1:1 000 000 (tret'e pokolenie). Serija Zapadno-Sibirskaja. List Q-42 – Salekhard. Objasnitel'najazapiska. [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1 000 000 (third generation). West Siberian series. Sheet Q-42. Salekhard. Explanatory note]. St.Petersburg: Map Factory of VSEGEI, 2014. 396 p.
4. *Shishkin M.A., Faibusovich Ya.E., Shkarubo S.I., Nazarov D.V. et al.* 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: 1 000 000 (third generation). West Siberian series. Sheet R-42. Yamal Peninsula. Explanatory note]. St.Petersburg: Map Factory of VSEGEI, 2015. 366 p.
5. *Pystin A.M., Ulyasheva N.S., Pystina Yu.I., Grakova O.V.* Istochniki snosa i U–Pb vozrast oblomochnyh cirkonov iz verhneproterozojskih otlozenij Polyarnogo Urala: k voprosu o vremeni zalochenija timanskoi passivnoi okrainy [Provenance and U–Pb age of detrital zircons from the Upper Proterozoic deposits of the Polar Urals: to the question of the time of formation of the Timan Passive Margin // Stratigraphy. Geological Correlation]. 2020. Vol. 28. No. 5. P. 457–478.
6. *Makrygina V.A.* Geohimija regional'nogo metamorfizma i ul'trametamorfizma umerennyh i nizkih davlenij [Geochemistry of regional metamorphism and ultrametamorphism of moderate and low pressures]. Novosibirsk: Nauka, 1981. 200 p.
7. *Bazylev B.A.* Petrologiya i geohimija okeanicheskikh i alpinotipnyh shpiinelevih peridotitov v svyazi s problemoi evolucii mantiinogo veschestva [Petrology and geochemistry of oceanic and alpine-type spinel peridotites in connection with the problem of mantle matter evolution]: Abstract of diss. ...Dr. Sci. (Geol. & Mineral.): 25.00.09 / V.I. Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, RAS. Moscow, 2003. 49 p.
8. *Magmaticheskie gornye porodny. Klassifikacija, nomenklatura, petrografija* [Igneous rocks. Classification, nomenclature, petrography]. Vol. 1. Moscow: Nauka, 1983. 360 p.
9. *Irvine T.E., Baragar W.R.A.* A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks // Can. J. Earth Sci. 1971. Vol. 8. № 5. P. 523–548.
10. *Paleoproterozojskij mafit-ul'tramafitovyj magmatizm vostochnoj i central'noj Karelii* [Paleoproterozoic mafic-ultramafic magmatism of the Eastern and Central Karelia] / V.S. Kuli-

- kov, V.V. Kulikova, I.S. Pukhtel', Ya.V. Bychkova, A.Yu. Bychkov* // Glubinnyj magmatizm, magmaticheskie istochniki i problemy pljumov [Deep magmatism, magmatic sources and plume problems] : Proc. of the II Intern. Seminar. Irkutsk-Vladivostok, 2002. P. 235–257.
11. Petrograficheskij kodeks Rossii. Magmaticheskie, metamorficheskie, metasomaticheskie, impaktnye obrazovaniya. Izdanie vtoroe, pererabotannoe i dopolnennoe [Petrographic Code of Russia. Magmatic, metamorphic, metasomatic, impact formations. Second edition, revised and updated]. St.Petersburg: VSEGEI Publ., 2008. 204 p.
12. *Sun S.S., McDonough W.F.* Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Magmatism in the oceanic basins. Geol. Soc. Spec. Publ. 1989. No. 42. P. 313–345. <http://DOI:10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19>
13. *Pearce J.A., Baker P.E., Harvey P.E., Luff I.W.* in press. Geochemical evidence for subduction fluxes, mantle melting and fractional crystallization beneath the South Sandwich island arc // *J. Petrol.*, 1995. No.36. P. 1073–1109.
14. *Saunders A.D., Norry M.J., Tarney J.* Origin of MORB and chemically-depleted mantle reservoirs: trace element constraints // *J. Petrol.* 1988. Special Lithosphere Issue. P. 415–445.
15. *Condie K.C.* High field strength element ratios in Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes? // *Lithos.* 2005. Vol. 79. P. 491–504. DOI: [10.1016 / j.lithos.2004.09.014](http://dx.doi.org/10.1016/j.lithos.2004.09.014)
16. *Mattash M.A., Pinarelli L., Vaselli O. et al.* Geochemical evolution of southern Red Sea and Yemen floodvolcanism: evidence for mantle heterogeneity. *Arab J Geosci*, 2014. P. 4831–4850. <http://DOI10.1007/s12517-013-1120-1>
17. *Pearce J.A., Cann J.R.* Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses // *Earth Planet. Sci. Lett.* 19. 1973. P. 290–300.
18. *Verma S.P., Guevara M., Agrawal S.* Discriminating four tectonic settings: five new geochemical diagrams for basic and ultrabasic volcanic rocks based on log-ratio transformation of major-element data. *J. of Earth System Science* 115, 2006. P. 485–528. <http://doi:10.1007/BF02702907>
19. *Meschede M.* A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb–Zr–Y diagram // *Chem. Geol.* 1986. Vol. 56. P. 207–218.
20. *Saccani E.* A new method of discriminating different types of post Archean ophiolitic basalts and their tectonic significance using Th–Nb and Ce–Dy–Yb systematic // *Geoscience Frontiers*, 2014. P. 1–21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gsf.2014.03.006>.

Статья поступила в редакцию 17.12.2020

УДК 552.22(234.83)

DOI 10.19110/1994-5655-2021-3-14-21

О.В. УДОРАТИНА^{*,}, А.М. ШМАКОВА^{*,***},
Д.А. ВАРЛАМОВ^{****}, А.С. ШУЙСКИЙ^{*}**

ЩЕЛОЧНО-УЛЬТРАОСНОВНЫЕ ПОРОДЫ НОВОБОБРОВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (СРЕДНИЙ ТИМАН): МИНЕРАЛОГИЯ, ПЕТРОГРАФИЯ

**Институт геологии им. акад. Н.П. Юшкина
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар*

***Томский государственный
университет, г. Томск*

****Всероссийский научно-исследовательский
геологический институт
им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ),
г. Санкт-Петербург*

*****Институт экспериментальной геологии
РАН, г. Черноголовка*

*udoratina@geo.komisc.ru
dima@iem.ac.ru*

O.V. UDORATINA^{*,}, A.M. SHMAKOVA^{*,***},
D.A. VARLAMOV^{****}, A.S. SHUISKY^{*}**

ALKALINE-ULTRABASIC ROCKS OF NOVOBOBROVSKY ORE FIELD (MIDDLE TIMAN): MINERALOGY, PETROGRAPHY

**N.P. Yushkin Institute of Geology, Federal
Research Centre Komi Science Centre,
Ural Branch, RAS, Syktывkar*

***Tomsk State University, Tomsk*

****A.P. Karpinsky All-Russian Research
Geological Institute (VSEGEI),
St. Petersburg*

*****Institute of Experimental Geology,
RAS, Chernogolovka*

Аннотация

Исследованы минералы щелочно-ультраосновных пород из даек, развитых в пределах Новобобровского рудного поля (Средний Тиман). Первичные минеральные парагенезисы магматических пород труднодиагностируемы ввиду сильного метасоматоза и изменения пород. В качестве первичных минералов рассматриваются флогопит и минералы группы хромшпинелидов (хромпикотит и феррихромит). Порода содержит многочисленные ксенолиты и подверглась процессам фенитизации (калиевого профиля), благодаря их развитию в породе наблюдается обогащение редкометалльно-редкоземельной минерализацией (колумбиты, монациты, более редкие фосфаты).

Ключевые слова:

щелочно-ультраосновные породы, хромшпинелиды, фенитизация, Средний Тиман

Abstract

Minerals of disintegrated alkaline-ultrabasic dike rocks exposed by wells within the rare-metal-rare earth Novobobrovsky ore field (Middle Timan) were studied. Microprobe studies were conducted in CCU "Geoscience" (Syktывkar) and the Institute of Experimental Geology, RAS (Chernogolovka). Primary mineral parageneses are difficult to diagnose due to strong secondary alteration of rocks. The primary minerals are phlogopite ($X_{Mg} = 0.64-0.89$) and minerals of the chromspinelides group (the central parts are represented by chrompicotite, and the marginal zones – by ferrichromite); the secondary minerals are represented by the chlorites group (talcochlorite, clinochlorite, pennine). The rock is saturated with numerous xenoliths of quartzite sandstones, and has also undergone fenitization processes, which is why the development of rare metal-rare earth mineralization is observed in the rock: columbite, rutile $\leftrightarrow$ Nb-rutile $\leftrightarrow$ ilmenorutil, monazite, Th-monazite, more rare phosphates (complex phosphates and hydroaluminophosphates of lead similar in composition to dragmanite, differing by the presence of Mn, Ba, K). The studied primary mineral parageneses are typical for the picrite-lamprophyre Chetlas dike complex developed here; the superimposed rare-metal-rare-earth mineralization is specific for dike rocks developed within the ore fields of the Kosyu ore cluster

Keywords:

alkaline-ultrabasic rocks, chromspinelides, fenitization, Middle Timan

Введение

На Среднем Тимане в пределах Четласского Камня широко распространены дайки щелочно-ультраосновных пород.

траосновных пород, отнесенных предшествующими исследователями к четласскому комплексу [1–11].

Согласно геологическим и геофизическим данным наблюдаются сотни (возможно, тысячи) дайковых тел, формирующих пространственно единые дайковые поля, при этом составы магм, заполняющих системы трещин преимущественно северо-восточного простирания, могут быть хоть и близки по времени формирования, но не совсем идентичны по составу.

Дайки прорывают метатерригенные поздне-рифейские образования *четласской* (светлинская, новобобровская, визингская свиты) и *быстринской* (рочугская, паунская, павьюгская свиты) серий, ксенолиты последних часто наблюдаются в дайковых породах и также существенно меняют состав быстрокристаллизующейся первичной магмы.

Установленный абсолютный возраст пород – позднерифейский $\sim 600 \pm 15(30)$ млн лет ($K-Ar_{\text{вр}}$, $Ar-Ar_{\text{иг}}$ методы) [9, 12], есть также более древние датировки – 820 млн лет ($Rb-Sr_{\text{вр}}$) [13].

В пределах Косьюского рудного узла, включающего Косьюское, Октябрьское, Новобобровское, Нижне-Мезенское рудные поля, также развиты дайки, сложенные щелочно-ультраосновными (по химизму) породами. Кроме Косьюского рудного поля, в остальных наблюдаются единичные дайки. Собственно с магматическими породами четласского комплекса и связывается редкометалльно-редкоземельное оруденение, проявления которого объединены в Косьюский рудный узел. Редкометалльно-редкоземельная минерализация приурочена к жильному *четласскому* комплексу и развита в альбит-эпириновых фенитах по кварцитопесчаникам и собственным дайковым породам, а также в жилах (кварц-полевошпат-гетитовых, кварц-полевошпат-карбонатных с гематитом). Рудные минералы: редкометалльные – колумбит, реже пироклор; REE – редкоземельные (фтор)карбонаты, монацит, ксенотим.

Однако формирование относительно мало-мощных даек несоизмеримо с наблюдаемым масштабом проявленного рудного щелочного метасоматоза (зон фенитизации), как правило, породы слагающие сами дайки, также нередко фенитизированы. При наблюдаемых сотнях и тысячах дайковых тел, развитых в пределах Четласского Камня, значимую рудную минерализацию несут единицы.

Задача исследования – установление генетической принадлежности щелочно-ультраосновных пород и выявление первичных и наложенных (вторичных, метасоматических) минеральных комплексов, развитых в дайковом теле, вскрытом скважиной А14 (1958 г.) в пределах Новобобровского рудного поля.

Необычайное разнообразие наблюдаемых минеральных парагенезисов в различных дайковых телах, выявленных в пределах Четласского Камня, описанных в работах предшественников и наблюдаемых нами, показывает широкий диапазон ультраосновных составов, неоднозначность и спорность генетической принадлежности к тем или иным магматическим сериям пород. Наиболее часто встречающиеся в литературе и использованные в описаниях этих пород определения – «лампрофир», «щелочной пикрит», «породы пикрит-лампрофировой серии».

Породы в пределах Четласского блока претерпели региональный метаморфизм зеленосланцевой фации. Метасоматические процессы локальны и фиксируются в пределах рудных полей Косьюского рудного узла. Наиболее близки проявленные процессы к «фенитизации», включающие в себя развитие щелочных (калиевых, натриевых, калиево-натриевых) парагенезисов минералов, которые выражаются в альбитизации, микроклинизации, эпиринизации как вмещающих первично осадочных пород кварцитопесчаников светлинской свиты, так и прорывающих их дайковых тел ультраосновного состава. Однако если для метаосадочных пород процессы фенитизации вторичные, наложенные и оторваны во времени от образования и метаморфического преобразования пород, то для дайковых пород процессы фенитизации близодновременные.

Объекты и методы исследования

Породы исследовались в образцах, шлифах, аншлифах и протолочках в ЦКП «Геонаука» Института геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН комплексом методов: петрографическим (Olympus 51) и микрозондовым. Электронно-зондовый микроанализ, включающий получение изображений исследуемых объектов во вторичных (secondary) и отраженных (обратно-рассеянных, back-scattered) электронах, а также рентгеноспектральный локальный микроанализ выполнялись на цифровых электронных сканирующих микроскопах производства фирмы Tescan (Tescan Orsay Holding, Brno, Czech Republic, <https://www.tescan.com>): (1) Tescan Vega 3 LMH с энергодисперсионной приставкой Oxford Instrument X-Max 50 mm² [ИГ Коми НЦ УрО РАН] и (2) Tescan VEGA-II XMU с EDS INCA Energy 450 и WDS Oxford INCA Wave 700 [ИЭМ РАН, г.Черноголовка]. Анализ выполнялся при ускоряющем напряжении 20 кВ. Ток поглощенных электронов на исследованных образцах – от 150 до 400 пикоампер (в зависимости от микрорельефа, структуры и состава образца). Размер электронного зонда на поверхности образца составлял 157–180 нм (Tescan), при сканировании до 60 нм. Область возбуждения в зависимости от состава образца и геометрии фаз может достигать 1–5 мкм в диаметре. Эталоны – чистые металлы и синтетические окислы и силикаты. Пересчет минералов проведен по Make Mineral.

Объектом исследования является дайка шириной в первые метры и наблюдаемой протяженностью десятки метров, вскрытая несколькими скважинами. Опробованный материал керна скважины А14 1958 г. бурения представлен отдельными штучными образцами и сыпучим дезинтегрированным ожелезненным материалом. Порода черного цвета, порфировидной структуры, неоднородной текстуры, насыщена мелкими ксенолитами вмещающих пород (до 10–15 %). Минеральный состав (об.%): флогопит (порфиробласты) – 20, хлорит – 40, кварц – 10, апатит – 5, реликтовые темноцветные минералы (не диагностируются, вероятно, первичные ортопироксены) – 5–7, калиевый полевошпат, акцессорные (монацит, циркон, колумбит, сложные фосфаты и алюмофосфаты свинца, марганца и бария), рудные (хромшпинелиды, рутил и высокониобиевый

рутил вплоть до ильменорутила, ильменит, титаномагнетит, пирротин, пирит, халькопирит, (гидро)оксиды железа – гематит, гидрогетит), вторичные (сидерит). Ксенолиты (фениты, кварцит) составляют 10–15 об.%. Первичными являются лишь флогопит и, возможно, часть рудных – хромшпинелид, ильменорутил и титаномагнетит, все остальные минералы (в том числе редкометалльные и редкоземельные) – вторичные и сформированы в процессе наложенного метасоматоза, а также при

контакте с захваченными ксенолитами кварцито-песчаников.

Ксенолиты представлены фенитами и неизмененным кварцитом. Обломки фенита, сложенные калиевым полевым шпатом, обычно округлые, с нечеткими границами, имеют размер до 2 мм, также отмечаются отдельные кристаллы прямоугольной формы размером до 0.5 мм, нередко замещаемые альбитом (рис. 1 а,б). Обломки кварцита встречаются как округлой, так и остроугольной фор-

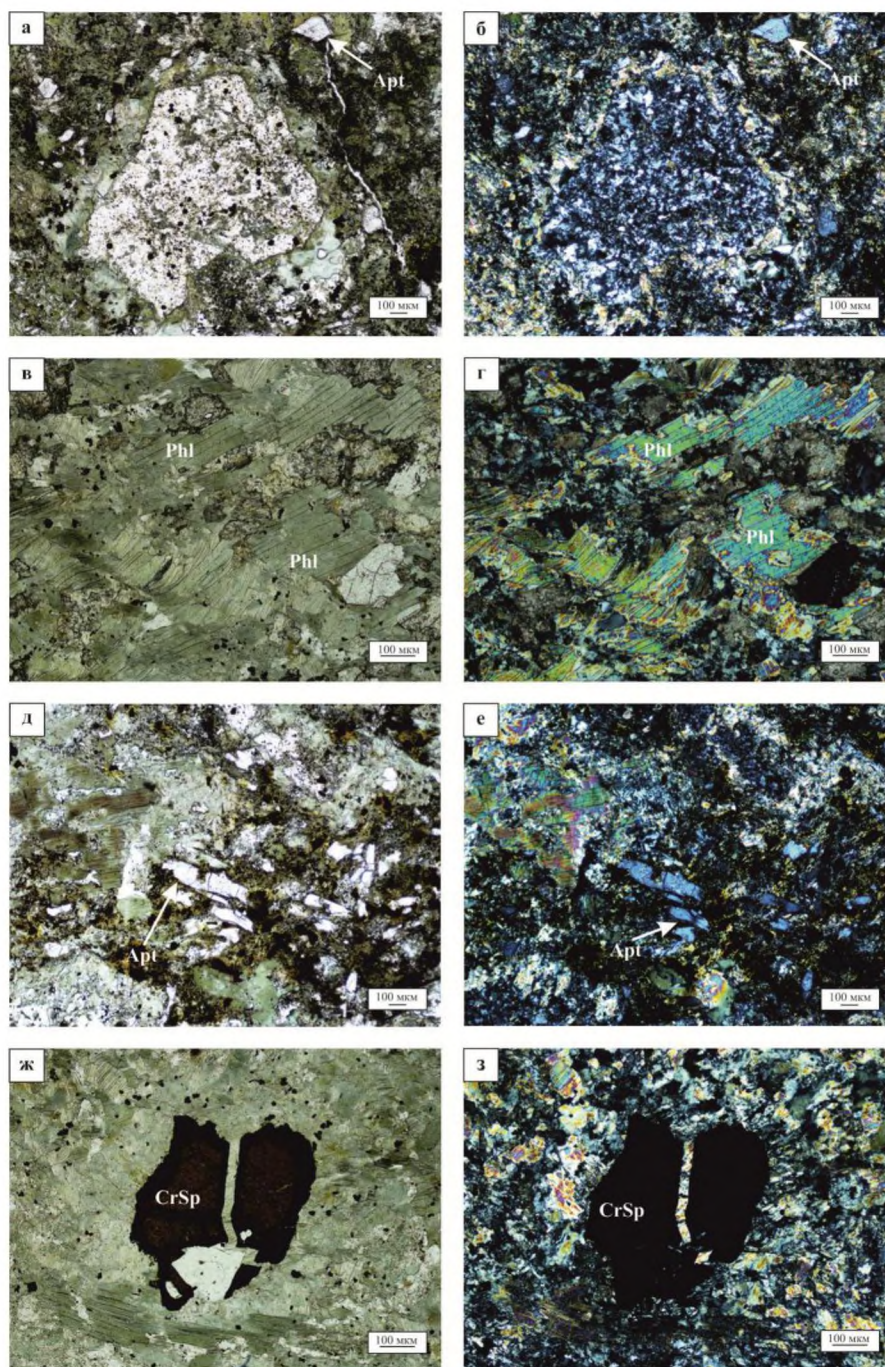


Рис. 1. Примеры форм и распределения ксенолитов и минералов в породе: а, б – ксенолит измененного кварцито-песчаника; в, г – листоватые агрегаты флогопита, частично замещенные хлоритом; д, е – призматические кристаллы апатита; ж, з – изометричные зерна хромшпинелидов. Оптическое фото, снимки а, в, д, ж сделаны без анализатора.
Fig. 1. Examples of the forms and distribution of xenoliths and minerals in the rock: а, б – xenolith of altered quartzite sandstone; в, г – leafy aggregates of phlogopite, partially replaced by chlorite; д, е – prismatic crystals of apatite; ж, з – isometric grains of chromespinelides. Optical photo, images а, в, д, ж were taken without an analyzer.

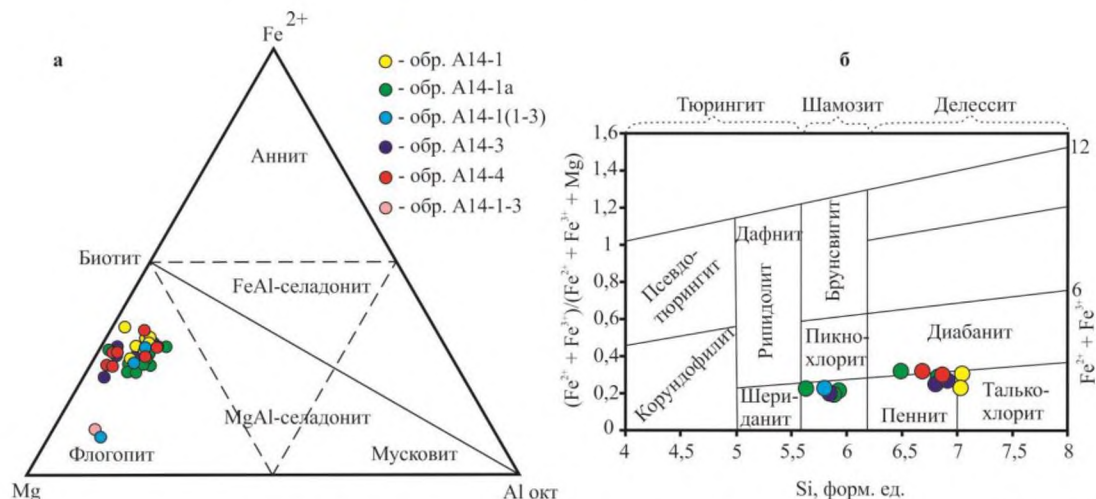


Рис. 2. Классификационные диаграммы минералов: а – слюд ($\text{Mg}-\text{Fe}^{2+}-\text{Al}^{\text{окт}}$); б – хлоритов ($(\text{Fe}^{2+}+\text{Fe}^{3+})/(\text{Fe}^{2+}+\text{Fe}^{3+}+\text{Mg})-\text{Si}$ ф.ед.

Fig. 2. Classification diagrams of minerals: a – micas ($\text{Mg}-\text{Fe}^{2+}-\text{Al}^{\text{окт}}$); б – chlorites ($(\text{Fe}^{2+}+\text{Fe}^{3+})/(\text{Fe}^{2+}+\text{Fe}^{3+}+\text{Mg})-\text{Si}$ f.u.

мы. Размер ксенолитов варьирует от 0.7 до 2 мм.

Флогопит представлен порфиروбластами, наблюдается в виде удлиненных чешуек, размером до 3–5 мм. Минерал разбит многочисленными трещинами, раздроблен, почти всегда частично, а иногда и полностью замещен хлоритом (рис. 1, в-г). Распределение минерала равномерное, содержание в породе находится на уровне 15–20 об., %. На диаграмме слюд $\text{Mg}-\text{Fe}^{2+}-\text{Al}^{\text{окт}}$ (рис. 2, а) составы исследуемых слюд попадают в поле флогопита [14]. Магнезиальность минерала – $X_{\text{Mg}} = 0.64 - 0.89$.

Основная масса породы сложена хлоритом и кварцем. Минералы имеют неравномерное распределение.

Хлорит образует тонкочешуйчатые и сноповидные агрегаты размером до 0.4 мм и формирует скопления, занимающие до половины объема породы. По химическому составу хлориты (обр. A14-1) соответствуют талькохлориту, в остальных пробах агрегаты хлорита относятся либо к клинохлориту, либо к пенниту (рис. 2, б).

Кварц распределен в породе неравномерно, встречается в виде мелких до 0.08 мм изометричных кристаллов.

В породе отмечаются иногда деформированные ксенокристаллы недиагностированных темноцветов (возможно измененные амфиболы или ортопироксены), замещенные различными вторичными минералами группы хлорита и тремолит-актинолита, размером до 1.5 см.

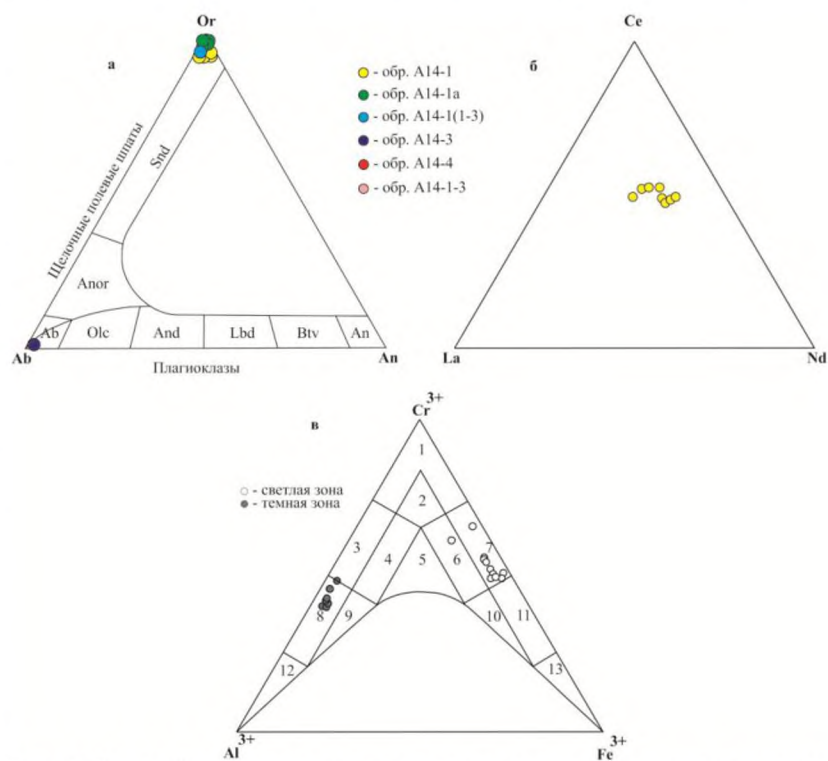


Рис. 3. Классификационные диаграммы минералов: а – калиевого полевого шпата ($\text{Ab}-\text{Or}-\text{An}$); б – монацитов ($\text{La}-\text{Ce}-\text{Nd}$); в – хромшпинелидов ($\text{Al}^{3+}-\text{Cr}^{3+}-\text{Fe}^{3+}$).

Fig 3. Classification diagrams of minerals: a – potassium feldspar ($\text{Ab}-\text{Or}-\text{An}$); б – monazites ($\text{La}-\text{Ce}-\text{Nd}$); в – chromspinelides ($\text{Al}^{3+}-\text{Cr}^{3+}-\text{Fe}^{3+}$).

КПШ в породе наблюдается в виде изометричных зерен неправильной формы размером 70–300 мкм. По данным микрозондового анализа содержание оксида натрия не превышает 0.6 мас., % Na_2O (рис. 3, а). В образце A14-1 установлен один порфиновый вкрапленник (ксенолит?) таблитчатой формы и размером 6 мм, также отмечаются достаточно крупные кристаллы калиевого полевого шпата (до 0.5 мм), нередко замещенные альбитом, в ксенолите размером до 3 мм.

Циркон установлен в породе в виде единичных зональных кристаллов угловатой и неправиль-

ной формы. Размер кристаллов от 40 до 100 мкм. Зональность обусловлена неравномерным содержанием HfO_2 и степенью гидратированности отдельных зон циркона.

Колумбит представлен зернами неправильной формы, размером 20–150 мкм, является почти чисто железистой, бестанталовой разностью.

Фосфатная минерализация. Основная доля – апатит, прочие фосфаты – монацит (нескольких генераций: Th-монацит до 12 мас.%, % ThO_2 и практически бесториевые), (силико)фосфаты тория (ряда торит-хаттонит).

Апатит наблюдается в виде гипидиоморфных короткопризматических раздробленных и целых длиннопризматических кристаллов размером до 0.2 мм (рис. 1, д–е). Распределение минерала в породе неравномерное, нередко наблюдаются скопления апатита. Содержание фтора варьирует в пределах (мас.%, %) от 1.25 до 1.77, хлора – 0.15–0.31.

В образце А14-1 установлены **Th-монациты** в виде неправильной формы зерен, часто с большим количеством трещин и включений. Размер зерен от 10 до 400 мкм. Минерал неоднородный, в обратно отраженных электронах неравномерно «пятнистый», «пятнистость» обусловлена различным содержанием тория (рис. 3, б; 4, а–б). В более светлых зонах отмечается относительно высокое содержание $\text{ThO}_2 = 14\text{--}30$ мас.%, % и более низкое $\text{Ce}_2\text{O}_3 = 14\text{--}16$ мас.%, %, в более темных, наоборот, наблюдается низкое содержание $\text{ThO}_2 = 5\text{--}9$ мас.%, % и более высокое $\text{Ce}_2\text{O}_3 = 23\text{--}29$ мас.%, %. Видимо, происходит изоморфное замещение церия торием по чералитовой схеме изоморфизма: $2\text{Ce}^{3+} \rightarrow [\text{Ca}^{2+}, \text{Sr}^{2+}] + \text{Th}^{4+}$. Минерал является преимущественно цериевым (здесь и далее, мас.%, %) Ce_2O_3 14.42–27.67, также отмечается относительно высокое содержание Nd_2O_3 (10.99–17.91), присутствует La_2O_3 (4.28 – 15.71), Pr_2O_3 (2.78 – 4.11), Sm_2O_3 (1.42 – 3.78). Нередко отмечается $\text{CaO} = 0.31\text{--}1.98$ мас.%, %, редко $\text{SiO}_2 = 1.42\text{--}1.58$ мас.%, %.

Установлено присутствие значительного количества сложных фосфатов и гидроалюмофосфатов свинца с высокими содержаниями марганца, бария и калия. Они представлены пластинчатыми выделениями и сферолитами до 20 мкм (комплексные агрегаты – до 120 мкм; рис. 4, в–г) и наиболее близки по составу драгманиту ($\text{drugmanite Pb}_2(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})(\text{PO}_4)(\text{PO}_3\text{OH})(\text{OH})_2$), отличаясь наличием Mn, Ba, K. Возможно, это вновь открытые минеральные фазы, что требует

их дополнительного изучения тонкими инструментальными методами.

Скорее всего, при фенитизации происходила мобилизация фосфатного материала совместно со свинцом, марганцем, барием в отсутствии других рудообразующих анионных комплексов (карбонатов, сульфатов и т.п.).

Ti-Nb минералы представлены рядом рутил ↔ Nb-рутил ↔ ильменорутил (содержания Nb_2O_5 до 16 мас.%, %). Выделения подобных фаз часто зональные, иногда образуют сетчатые фрагменты до 500 мкм. Также присутствуют ильмениты, скорее всего, реликтовые (с содержанием Cr_2O_3 до 2 мас.%, %).

Ильменорутил установлен в породе в виде зерен неправильной формы, размером от 100 до 650 мкм. Минерал неоднородный, зональный. Зональность обусловлена неравномерным содержанием TiO_2 . В более темных зонах содержание диоксида титана составляет 85–92 мас.%, %, в светлых – 72–81 мас.%, %.

Первичными рудными минералами являются зерна хромшпинелидов (размер до 0.6 мм), нередко зонального строения.

Исследуемые **хромшпинелиды** встречаются

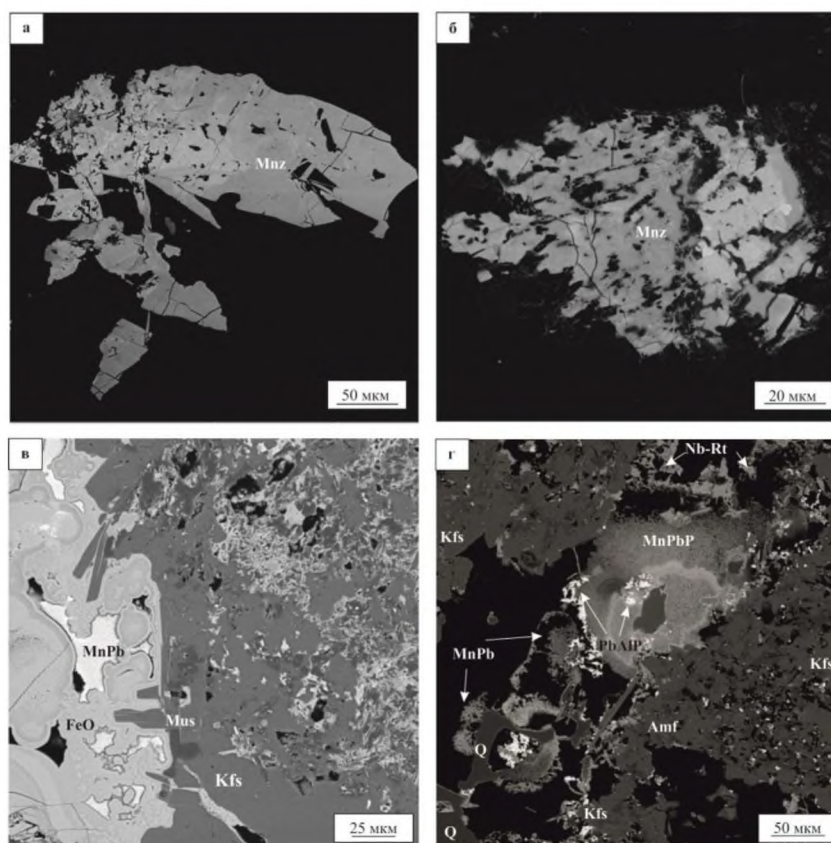


Рис. 4. Примеры минералов фосфатной минерализации: а, б – зональные по Th кристаллы монацитов, в, г – Mn-драгманит(?). Примечание: Mnz – монацит; MnPb – фосфаты Mn, Pb; Nb-Rt – ниобиевый рутил; Kfs – калиевый полевой шпат; Mus – мусковит; FeO – оксиды и гидроксиды железа; Amf – амфибол; Q – кварц. Фото выполнено в режиме обратно-рассеянных электронов (BSE).

Fig. 4. Examples of minerals of phosphate mineralization: а, б –Th-zonal monazite crystals, в, г – Mn-dragmanite (?). Note: Mnz – monazite; MnPb – phosphates Mn, Pb; Nb-Rt – niobium rutile; Kfs – potassium feldspar; Mus – muscovite; FeO – oxides and iron hydroxides; Amf – amphibole; Q – quartz. The photo was taken in the back-scattered electrons (BSE) mode.

в виде преимущественно изометричных или удлиненных зерен неправильной формы, размером от 150 до 400 мкм (рис. 1, ж-з; рис. 5, а-е), в единичных случаях встречаются кубические кристаллы (110×110 мкм). Содержание минералов в породе неравномерное. Зерна неоднородные, зональные, часто трещиноватые и с пойкилитовыми включениями флогопита. Как правило, относятся к относительно низкохромистым разностям (не выше 40 мас.%, % Cr_2O_3), что отличает их от классических

и высокие FeO. На это же указывает появление цинка (до 4.2 мас.%, % ZnO) в краевых зонах.

Заключение

Таким образом, проведенные исследования дезинтегрированной фенитизированной щелочно-ультраосновной породы пикрит-лампрофирового состава показали:

- по текущему минеральному и петрографическому составу трудно точно диагностировать

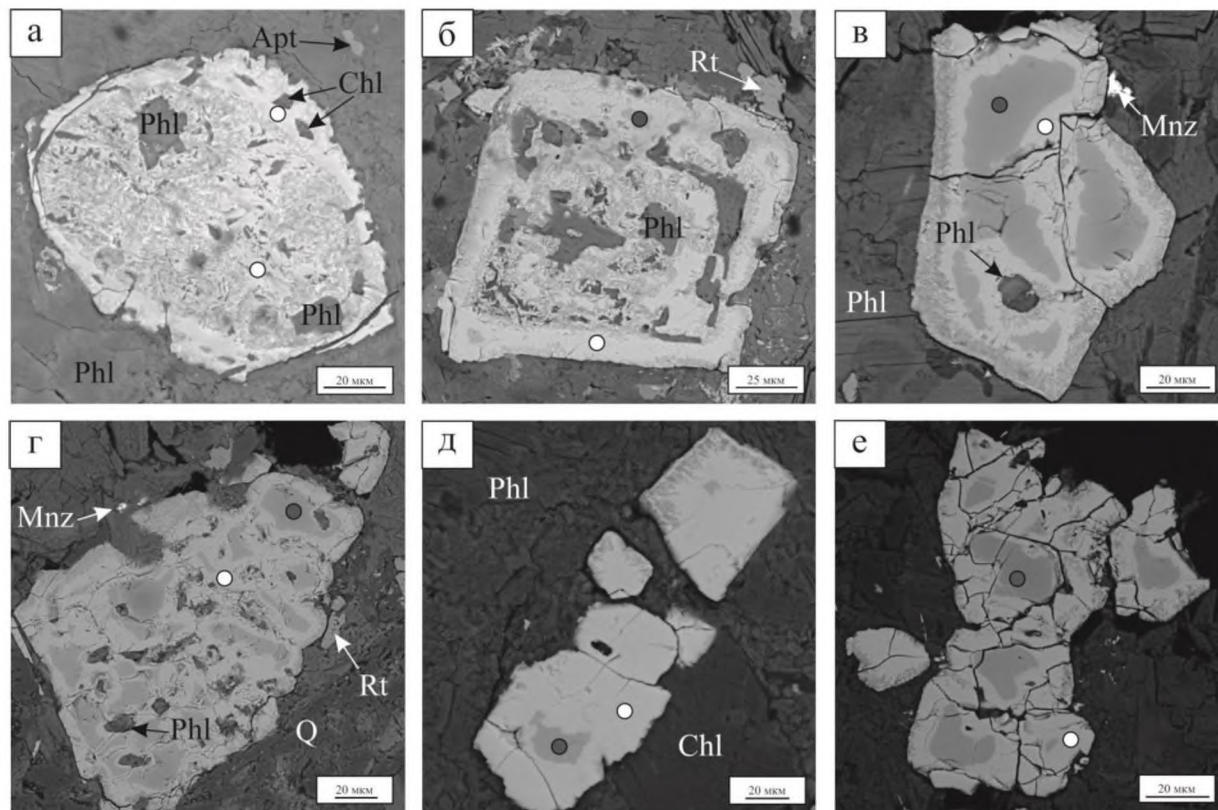


Рис. 5. Примеры зональных кристаллов хромшпинелидов: а-е – хромшпинелиды, flg – флогопит, chl – хлорит, apt – апатит, mnz – монацит. Фото выполнено в режиме обратно-рассеянных электронов.

Fig. 5. Examples of zonal crystals of chromspinelides: а-е – chromspinelides, flg – phlogopite, chl – chlorite, apt – apatite, mnz – monazite. The photo was taken in the backscattered electron mode.

хромшпинелей интрузивных гипербазитов.

По химическому составу хромшпинелиды в зависимости от внутренних зон делятся на два типа. Согласно классификации Н.В. Павлова (рис. 3, в) составы хромшпинелидов из более темных центральных частей зерен и кристаллов по химическому составу соответствуют хромпикотиту, а из более светлых краевых зон – феррихромиту. Зональность обусловлена колебанием содержания оксида железа, к каймам она увеличивается от 14–33 до 52–62 мас.% FeO. Также отмечается отличие в содержании глинозема (Al_2O_3): в центральных зернах 28–33 мас.%, в светлых 1–2 мас.%, %.

Кроме того, в хромшпинелидах наблюдается низкое содержание MgO = 1.21–8.86 мас.%. Лишь в трех зернах установлено более характерное для данных минералов содержание MgO = 16.01–17.06 мас.%, %. Вероятнее всего, исследуемые породы были подвержены процессам вторичных изменений, в результате которых происходило замещение Mg и Al железом, это объясняет низкие содержания MgO

породу, скорее всего при дальнейших исследованиях появится возможность изучения менее измененных образцов;

- порода сложена вторичным комплексом минералов (преимущественно хлорит и минералы фенитов), из сохранных первичных можно рассматривать лишь флогопит и хромшпинелиды, единичные реликты пироксенов;
- в хромшпинелидах центральные части представлены хромпикотитом, а краевые зоны феррихромитом, что типично для ультраосновных пород четласского комплекса согласно более ранним данным [3–4];
- вторичные рудные минералы, сформированные при наложенном процессе щелочного метасоматоза: колумбит, монацит (Th-монацит), группа редких фосфатов;
- в процессах фенитизации (калиевого профиля) доля углекислоты во флюиде была резко подчиненной, на что указывает практическое отсутствие карбонатов.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и Республики Коми в рамках научного проекта № 20-45-110010.

Литература

1. Ивенсен Ю.П. Магматизм Тимана и полуострова Канин. М.-Л.: Наука, 1964. 126 с.
2. Костюхин М.Н., Степаненко В.И. Байкальский магматизм Канино-Тиманского региона. Л.: Наука, 1987. 232 с.
3. Макеев А.Б., Лебедев В.А., Брянчанинова Н.И. Магматиты Среднего Тимана. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 348 с. ISBN 5-7691-1878-4
4. Тиманский кряж. Т.2. Литология и стратиграфия, геофизическая характеристика земной коры, тектоника, минерально-сырьевые ресурсы / Ред. Л.П. Шилов, А.М. Плякин, В.И. Алексеев. Ухта: УГТУ, 2009. 460 с.
5. Петрохимия и геохимия дайковых ультрабазитов и карбонатитов четласского комплекса (Средний Тиман) / И.Л. Недосекова, О.В. Удоратина, Н.В. Владыкин, С.В. Прибавкин, Т.Я. Гуляева // Ежегодник-2010. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 158. 2011. С. 122–130.
6. Недосекова И.Л., Владыкин Н.В., Удоратина О.В., Ронкин Ю.Л. Карбонатиты четласского комплекса (Средний Тиман): геохимические и изотопные данные // Ежегодник-2012. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 160. 2013. С. 150–158.
7. Пармузин Н.М., Мазуркевич К.Н., Семенова Л.Р. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Мезенская. Лист Q-39 – Нарьян-Мар. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. 393 с. + 32 вкл.
8. Недосекова И.Л., Замятин Д.В., Удоратина О.В. Рудная специализация карбонатитовых комплексов Урала и Тимана // Литосфера. 2017. №2. С. 60–77.
9. Удоратина О.В., Травин А.В. Щелочные пикриты четласского комплекса Среднего Тимана: Ar-Ar данные // Рудный потенциал щелочного, кимберлитового и карбонатитового магматизма: Материалы 30 Международной конференции. Анталия-Москва, 2014. С. 82–84.
10. Udoratina O.V., Kulikova K.V., Varlamov D.A., Shmakova A.M. Geochemical characteristics of alkaline picrites of rare-metal-rare-earth ore fields (Middle Timan) // Magmatism of the Earth and related strategic metal deposits. Proc. of XXXVI Intern. Conf., St. Petersburg State Univ., May 23–26, 2019. M.: GEOKHI RAS, 2019. P. 313–316.
11. Флюидизатно-эксплозивные ультрамафиты дайкового комплекса Среднего Тимана и их парагенетическая связь с карбонатитами / И.И. Голубева, Д.Н. Ремизов, И.Н. Бурцев, В.Н. Филиппов, А.С. Шуйский // Региональная геология и металлогения. 2019. № 80. С. 30–44.
12. Андричев В.Л., Степаненко В.И. Возраст карбонатитового комплекса Среднего Тимана // Рудообразование и магматизм севера Урала и Тимана. Сыктывкар, 1983. С.83–87. (Тр. Ин-та геологии Коми филиала АН СССР. Вып. 41).
13. Макеев А.Б., Брянчанинова Н.И. Лампрофиды Четласского камня (Средний Тиман) // Региональная геология и металлогения. 2009. № 37. С. 51–73.
14. Васильев Н.В., Удоратина О.В., Скоробогатова Н.В., Бородулин Г.П. Слюдистые месторождения Тайкеу (Полярный Урал): состав и вопросы классификации // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2012. № 1. (205). С.9–14.

References

1. Ivensen Yu.P. Magmatizm Timana i poluostrova Kanin [Magmatism of Timan and the Kanin Peninsula]. Moscow-Leningrad: Nauka, 1964. 126 p.
2. Kostyukhin M.N., Stepanenko V.I. Baikalskii magmatizm Kanino-Timanskogo regiona [Baikal magmatism of the Kanin-Timan region]. Leningrad: Nauka, 1987. 232 p.
3. Makeev A.B., Lebedev V.A., Bryanchaninova N.I. Magmatity Srednego Timana [Magmatites of the Middle Timan]. Ekaterinburg: Ural Branch, RAS., 2008. 348 p. ISBN 5-7691-1878-4
4. Timanskii kryazh. T. 2. Litologiya i stratigrafiya, geofizicheskaya harakteristika zemnoi kory, tektonika, mineralno-syryevye resursy [Timan Ridge. Vol.2. Lithology and stratigraphy, geophysical characteristics of the Earth crust, tectonics, mineral resources] / Eds. L.P. Shilov, A.M. Plyakin, V.I. Alekseev. Ukhta: Ukhta State Techn. Univ., 2009. 460 p.
5. Petrohimiya i geohimiya daikovyh ultrabazitov i karbonatitov chetlaskogo kompleksa (Srednii Timan) [Petrochemistry and geochemistry of dike ultrabasites and carbonatites of the Chetlas complex (Middle Timan)] / I.L.Nedosekova, O.V.Udoratina, N.V.Vladyskin, S.V.Pribavkin, T.Ya.Gulyaeva // Yearbook-2010 / Proc. of Inst. of Geology and Geochemistry, Ural Branch, RAS. Issue 158. 2011. P. 122–130.
6. Nedosekova I.L., Vladyskin N.V., Udoratina O.V., Ronkin Yu.L. Karbonatity chetlaskogo kompleksa (Srednii Timan): geohimicheskie i izotopnie dannie [Carbonatites of the Chetlas complex (Middle Timan): geochemical and isotope data] // Yearbook-2012 / Proc. of Inst. of Geology and Geochemistry, Ural Branch, RAS. Issue 160. 2013. P. 150–158.
7. Parmuzin N.M., Mazurkevich K.N., Semenova L.R. et al. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federacii. Mashtab 1 : 1 000 000 (tretye pokolenie).Seriya Mezenskaya. List Q-39 – Naryan-Mar. Obyasnitelnaya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1 000 000 (third generation). Mezen series. Sheet Q-39 – Naryan-Mar. Explanatory note]. St.Peters-

- burg: Cartographic factory VSEGEI, 2015. 393 p. + 32 inserts.
8. *Nedosekova I.L., Zamyatin D.V., Udoratina O.V.* Rudnaya specializaciya karbonatitovykh kompleksov Urala i Timana [Ore specialization of carbonatite complexes of the Urals and Timan] // *Lithosphere*. 2017. No.2. P. 60–77.
 9. *Udoratina O.V., Travin A.V.* Schelochnye pikrity chetlaskogo kompleksa Srednego Timana: Ar-Ar dannie [Alkaline picrites of the Chetlas complex of the Middle Timan: Ar-Ar data] // *Ore potential of alkaline, kimberlite and carbonatite magmatism: Materials of the XX Intern. Conf. Antalya-Moscow, 2014*. P. 82–84.
 10. *Udoratina O.V., Kulikova K.V., Varlamov D.A., Shmakova A.M.* Geochemical characteristics of alkaline picrites of rare-metal-rare-earth ore fields (Middle Timan) // *Magmatism of the Earth and related strategic metal deposits. Proc. of XXXVI Int. Conf., St.Petersburg State Univ., 23–26 May, 2019. Moscow: GEOKHI RAS, 2019*. P. 313–316.
 11. Fluidizatsionno-eksplozivnye ultramafity daikovogo kompleksa Srednego Timana i ikh parageneticheskaya svyaz' s karbonatitami [Fluidizate-explosive ultramafic rocks of the Middle Timan dyke complex and their paragenetic relationship with carbonatites] / *I.I. Golubeva, D.N. Remizov, I.N. Burtsev, V.N. Filippov, A.S. Shuisky* // *Regional Geology and Metallogeny*. 2019. No. 80. P. 30–44.
 12. *Andreichev V.L., Stepanenko V.I.* Vozrast karbonatitovogo kompleksa Srednego Timana // *Rudobrazovanie i marmatizm severa Urala i Timana* [Age of the carbonatite complex of the Middle Timan] // *Ore formation and magmatism of the north of the Urals and Timan*. Syktyvkar, 1983. P. 83–87 (Proc. of Inst. of Geology, Komi Branch, USSR Ac. Sci. Issue 41).
 13. *Makeev A.B., Bryanchaninova N.I.* Lamprofiry Chetlaskogo Kamnya (Srednii Timan) [Lamprophyres of the Chetlass Stone (Middle Timan)] // *Regional Geology and Metallogeny*. 2009. No. 37. P. 51–73.
 14. *Vasilyev N.V., Udoratina O.V., Skorobogatova N.V., Borodulin G.P.* Slyudy mestorozhdeniya Taikou (polyarny Ural): sostav i voprosy klassifikatsii [Micas of the Taikou deposit (Polar Urals): composition and classification issues] // *Bull. of Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS*. 2012. No. 1. (205). P. 9–14.

Статья поступила в редакцию 11.05.2021

УДК 552.11 (470.111)
DOI 10.19110/1994-5655-2021-3-22-31

А.М. ШМАКОВА^{*,}, К.В. КУЛИКОВА^{*}**

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЗДНЕДЕВОНСКИХ БАЗАЛЬТОИДОВ ПОЛУОСТРОВА КАНИН И СРЕДНЕГО ТИМАНА

** Институт геологии им. акад. Н.П. Юшкина
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар*

***Всероссийский научно-исследовательский
геологический институт
им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ),
г. Санкт-Петербург*

alex.sch92@yandex.ru

A.M. SHMAKOVA^{*,}, K.V. KULIKOVA^{*}**

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE LATE DEVONIAN BASALTOIDS OF THE KANIN PENINSULA AND THE MIDDLE TIMAN

** N.P.Yushkin Institute of Geology, Federal
Research Centre Komi Science Centre,
Ural Branch, RAS,
Syktyvkar*

***A.P. Karpinsky All-Russian Research
Geological Institute (VSEGEI),
St. Petersburg*

Аннотация

В статье рассмотрены петрохимия и геохимия долеритов и базальтов позднедевонского канино-тиманского комплекса полуострова Канин и Среднего Тимана. Петрохимически породы канино-тиманского комплекса соответствуют базальтоидам нормального ряда щелочности, частично умеренно щелочным разновидностям и относятся к толеитовой серии. Менее дифференцированные долериты юго-восточной части п-ова Канин, более – базальты р. Цильмы на Среднем Тимане. Наименьшие концентрации РЗЭ характерны для пород в центральной части п-ова Канин (36,5–56,8 г/т), наибольшие – в базальтах с р. Цильма (77,13–88,33 г/т). Установлено влияние коровой компоненты при эволюции расплавов, сформировавших породы канино-тиманского комплекса. Источником расплава служил шпинелевый-гранатовый лерцолит, степень плавления варьировала от 10 до 30%.

Ключевые слова:

долериты, базальты, геохимия, плум, полуостров Канин, Тиман

Abstract

The petrochemistry and geochemistry of dolerites and basalts of the Late Devonian Kanin-Timan complex of the Kanin Peninsula and the Middle Timan are considered. Petrochemically, the rocks of the Kanin-Timan complex of the Kanin Peninsula and the Tsilma river area of the Middle Timan correspond to basaltoids of the normal range of alkalinity and partially to moderately alkaline varieties, and belong to the tholeiitic series.

The least differentiated varieties are dolerites of the southeastern Kanin Peninsula, the most differentiated are the basalts of the river Tsilma of the Middle Timan. The lowest REE concentrations were found in the rocks of the central part of the Kanin Peninsula (36.5-56.8 g/t); in the same samples, the lowest La_N/Yb_N values were recorded (1.85 and 2.4, respectively), which indicates an increased degree of melting of the source. The highest REE concentrations were found in basalts from the river Tsilma (77.13-88.33 g/t), La_N/Yb_N values (2.49-2.7, respectively).

The influence of the crustal component in the formation of melts from which rocks of the Kanin-Timan complex were formed, was established. The source of the melt was spinel-garnet lherzolite, the degree of melting varied from 10 to 30%. The maximum degree of melting was 30%, at which melts were formed, that gave rise to the least differentiated rocks of the Northern Timan and the central part of the Kanin Peninsula.

The mantle source, that gave rise to the melts from which the rocks of the Kanin-Timan complex were formed, was enriched with subduction

сей в породах использован метод ICP-MS на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Agilent 7700. Применялся метод кислотного разложения пробы в микроволновой печи (Sineo MDS-10). Для анализа использовалась навеска массой не более 100 мкг. Исследования проведены в ЦКП «Геонаука» ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар). Аналитик: Г.В. Игнатьев.

Геология и петрография

На территории п-ова Канин базальтоиды канино-тиманского комплекса представлены интрузивными дайками долеритов и телами субвулканических базальтов, расположенными в основном в центральной части (реки Горелая, Тальбей, Падлей, Менсейяха, Мурсейяха) и частично на юго-востоке полуострова (побережье Чешской губы, бассейн р. Б. Ойва, р. Немазямаяха).

Позднедевонские долериты центральной и юго-восточной частей п-ова Канин близки между собой в текстурно-структурном плане. Текстура пород чаще всего массивная, реже миндалекаменная. Миндалины небольшого размера (до 1 мм), зональные, выполнены сидеритом, кальцитом и кварцем. Микроструктура пород офитовая, реже – порфировая, пойкилоофитовая. Порфиновые вкрапленники представлены незональными кристаллами плагиоклаза, размером до 1,8 мм. Основная масса сложена зональными пироксенами и плагиоклазами. Акцессорные минералы представлены апатитом и КПШ. Из рудных минералов установлены титаномагнетит, реже пирит, халькопирит [8].

На Среднем Тимане, по берегам р. Цильма и ее притокам породы исследуемого комплекса представлены довольно крупными выходами с видимой мощностью от 1,5 до 20–25 м и протяженностью от 12 до 100 м. Магматические тела сложены

тонкозернистыми базальтами темно-серого цвета. В обнажениях периодически отмечается чередование массивных базальтов с миндалекаменными.

Базальты имеют массивную и миндалекаменную текстуры и порфировую структуру с интерсертальной, реже пойкилоофитовой основной массой. Содержание миндалинов в породе составляет 10–15 %. Наблюдаются два типа миндалинов. Амебовидные, реже округлые, размером 0,3 – 0,6 мм, миндалины, выполненные хлоритом, с каймами карбонатов (железосодержащий доломит) и кварца. Второй тип – крупные трубчатые, реже уплощенные миндалины агатов размером от 1 до 20 см.

Вкрапленники представлены таблитчатыми кристаллами плагиоклаза (0,4 – 0,8 мм, реже 1 мм) и удлиненно призматическими кристаллами клинопироксена (0,8 мм, реже 1 мм). Основная масса породы сложена микролитами плагиоклаза (0,2 мм) и изометричными зернами клинопироксена (0,2 мм). Из рудных минералов установлены мелкие изометричные или скелетные кристаллы титаномагнетита (0,05–0,15 мм), реже халькопирит, пирит. Междоузельное пространство заполнено стеклом или замещенным его палагонитом (10–20 %). Кроме того, отмечаются агрегаты карбонатов (железосодержащий доломит).

Геохимическая характеристика пород

Диапазон содержаний SiO_2 в породах п-ова Канин варьирует от 48,28 до 52,39 мас. %, в базальтах р. Цильма он изменяется от 40,49 до 51,05 мас. % (табл. 1), низкие содержания кремнезема характерны для пород с высоким содержанием карбонатов.

Базальтоиды комплекса относятся преимущественно к породам нормальной щелочности ($\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}=1,96\text{--}4,11$ мас.%) (табл.1) и соответ-

Таблица 1

Химический состав долеритов п-ова Канин и базальтов р. Цильма (Средний Тиман)

Table 1

Chemical composition of dolerites of the Kanin Peninsula and basalts of the river Tsilma (Middle Timan)

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	400401	400403	400504	1115	1666/1	1678/1	1679	1681/1	ЦИ-18-2	ЦИ-20-1	ЦИ-21	ЦИ-32-3	ЦИ-36	ЦИ-41-2
SiO ₂	48.28	48.72	49.12	52.39	52.1	50.32	49.45	50.75	47.49	49.94	50.12	40.37	51.05	50.26
TiO ₂	2.16	2.18	2.04	1.8	1.64	1.42	1.2	1.64	1.99	1.94	1.91	1.60	1.83	1.88
Al ₂ O ₃	14.15	15.05	13.79	14.85	16.17	16.08	16.22	15.4	14.62	16.1	15.91	12.42	14.86	15.54
Fe ₂ O ₃	5.71	5.71	5.34	12.89	11.97	4.43	3.2	4.64	6.87	6.02	4.75	4.03	5.53	3.37
FeO	7.34	8.16	8.4	0.27	3.24	7.05	7.75	8.02	8.1	8.16	9.78	6.35	8.34	9.76
MnO	0.17	0.2	0.21	0.2	0.21	0.18	0.19	0.18	0.25	0.22	0.21	0.86	0.26	0.21
MgO	6.51	6.25	6.16	3.47	3.54	4.85	5.96	4.69	3.72	2.54	2.62	3.66	3.36	3.10
CaO	9.31	6.87	10.83	9.35	11.06	12.22	13.52	10.38	11.43	10.72	10.99	15.66	10.34	10.62
Na ₂ O	2.59	3.29	2.04	3.03	2.22	1.88	1.76	2.05	2.08	2.36	2.5	1.9	2.73	2.9
K ₂ O	0.43	1.1	0.47	1.08	0.77	0.59	0.2	1.22	0.27	0.33	0.34	0.18	0.26	0.3
P ₂ O ₅	0.16	0.18	0.19	0.15	0.12	0.09	0.07	0.11	0.15	0.14	0.1173	0.11	0.14	0.12
п.п.п	2.1	1.78	1.19	1.45	1.16	1.66	1.35	1.81	3.92	2.42	1.82	13.57	2.22	1.92
Сумма	98.91	99.49	99.78	100.93	100.93	100.77	100.87	100.89	100.92	100.92	100.92	100.70	100.92	100.92

Примечания: 1 – 3 – долериты юго-востока п-ова Канин, 4 – 8 – долериты центральной части п-ова Канин, 9 – 14 – базальты с р. Цильма (Средний Тиман). В таблице приведена выборка наиболее представительных составов. Оксиды даны в мас. %.

Notes: 1 – 3 – dolerites of the southeastern part of the Kanin Peninsula, 4 – 8 – dolerites of the central part of the Kanin Peninsula, 9 – 14 – basalts of the river Tsilma (Middle Timan).

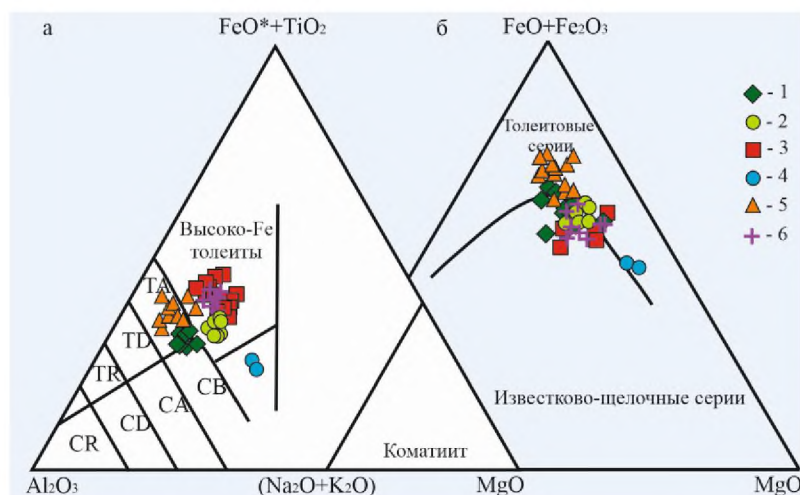


Рис. 2. Классификационные диаграммы для долеритов и базальтов п-ова Канин и Тимана. а – диаграмма Al_2O_3 - $\text{FeO}^* + \text{TiO}_2$ - MgO [9]. Толейтовая серия: TA – андезит, TD – дацит, TR – риолит; известково-щелочная серия: CB – базальт, CA – андезит, CD – дацит, CR – риолит; б – тройная дискриминационная диаграмма AFM [10]. Условные обозначения: 1 – долериты центральной части п-ова Канин, 2 – долериты юго-восточной части п-ова Канин, 3 – базальты Верхнево-рыквинского покрова [11], 4 – базальты Северного Тимана [12], 5 – базальты р. Цильма, 6 – базальты Норильской мульды [13].
Fig. 2. Classification diagrams for dolerites and basalts of the Kanin Peninsula and Timan. а – diagram Al_2O_3 - $\text{FeO}^* + \text{TiO}_2$ - MgO [9]. Toleite series: TA – andesite, TD – dacite, TR – rhyolite; lime-alkaline series: CB – basalt, CA – andesite, CD – dacite, CR – rhyolite; б – triple discrimination diagram AFM [10]. Legend: 1 – dolerites of the central part of the Kanin Peninsula, 2 – dolerites of the southeastern part of the Kanin Peninsula, 3 – basalts of the Upper-Vorykva nappe [11], 4 – basalts of the Northern Timan [12], 5 – basalts of the Tselma river, 6 – basalts of the Norilsk trough [13].

вуют магматическим образованиям натриевой серии. По содержанию K_2O породы п-ова Канин являются преимущественно среднекалиевыми ($\text{K}_2\text{O} = 0,20\text{--}1,22$ мас.%), породы с р. Цильма – низкокалиевыми ($\text{K}_2\text{O} = 0,18\text{--}0,34$ мас.%) (табл.1).

Изученные породы относятся к субщелочным образованиям, что является типичным для пород трапповой формации. На диаграмме AFM составы позднедевонских основных пород Северного и Среднего Тимана, а также п-ова Канин образуют толейтовый тренд (рис. 2, б). На треугольной диаграмме Al_2O_3 -($\text{TiO}_2 + \text{FeO}$)- MgO наблюдается разделение пород на ldt группы: высокожелезистые толейтиты и андезиты (рис. 2, а). Таким образом, долериты относятся к породам толейтитовой серии.

Известно, что для трапповых формаций характерна изменчивость в содержаниях титана. Так, содержание диоксида титана TiO_2 в долеритах п-ова Канин варьирует от 1,20 до 2,18 мас.%. Часть долеритов п-ова Канин относится к умеренно-низкотитанистым разностям ($\text{TiO}_2 = 1,20\text{--}1,42$ мас.%), другая часть соответствует умеренно-высокотитанистым породам ($\text{TiO}_2 = 1,64\text{--}2,18$ мас.%). Больше всего долеритов с высоким содержанием титана наблюдается на побережье Чешской губы. Базальты с р. Цильма также относятся преимущественно к высокотитанистым породам (1,60–1,99 мас. %).

Все породы исследуемого комплекса являются высокоглиноземистыми образованиями, долериты

п-ова Канин содержат $\text{Al}_2\text{O}_3 = 13,79\text{--}16,22$ мас. %, долериты р. Цильма $\text{Al}_2\text{O}_3 = 12,42\text{--}15,91$ мас. %.

В породах канино-тиманского комплекса были изучены редкие и рассеянные элементы. Содержание редкоземельных (РЗЭ) в породах варьируют – наименьшие концентрации установлены в долеритах центральной части п-ова Канин (36,5–56,8 г/т). Средние значения РЗЭ в породах полуострова варьируют от 63,13 до 81,27 г/т. Наибольшие содержания отмечаются в базальтах р. Цильма (77,13–88,33 г/т). Для сравнения в базальтоидах Норильской мульды суммарные концентрации РЗЭ варьируют от 56,55 до 115,83 г/т [13].

На диаграмме распределения РЗЭ для пород исследуемого комплекса наблюдается субгоризонтальный тип графика со слабым отрицательным наклоном. Отмечается обогащение легкими REE относительно тяжелых (рис. 3, а). Величина La_N/Yb_N , являющаяся показателем этого обогащения, варьирует в пределах от 1,85 до 3,16 у долеритов п-ова Канин, и от 2,49 до 2,70 у пород р. Цильма, от 2,39 до 2,59 в базальтах Воротыквинского покрова Среднего Тимана [11]. Наименьшие значения $\text{La}_N/\text{Yb}_N = 1,85$ характерны для долеритов одного из образцов центральной части п-ова Канин, наибольшие значения La_N/Yb_N – для траппов Норильской мульды (2,13 – 5,52) [13]. Подобные высокие показатели типичны для базальтов, формирующихся из обогащенных источников, а увеличение отношения La_N/Yb_N связано с уменьшением степени плавления.

На спайдер-диаграмме в позднедевонских долеритах наблюдаются относительно повышенные содержания крупноионных элементов (Rb , Ba , Th) и низкие концентрации высокозарядных элементов (Zr , Hf , Yb) (рис. 3 а,б). По сравнению с исследованными базальтоидами породам Норильской мульды присущи повышенные концентрации Sr , Ba , Th , Nb , Ta , Ce и др. (рис. 3 б), что также указывает на более обогащенные источники формирования этих пород. Относительно пород Норильской мульды исследуемые долериты и базальты, вероятно, формировались из менее обогащенного источника.

Zr и Nb являются несовместимым компонентами, а их концентрации наименее подвержены изменению при фракционной кристаллизации оливина, пироксена, магнетита и плагиоклаза из базальтовой магмы [18]. Поэтому они дают представление о составе первичных магм. На вариационной диаграмме Zr - Nb фигуративные точки составов долеритов п-ова Канин, базальтов Среднего Тимана попадают преимущественно в поля составов базальтов сибирских траппов, в единичных случаях – океанического плато Онтонг-Джава (рис.4).

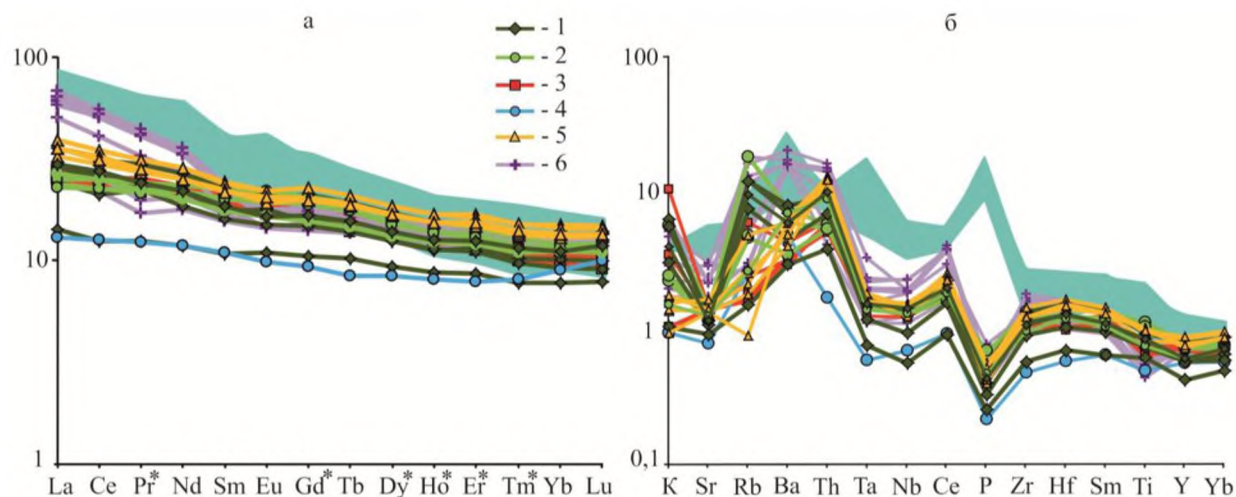


Рис. 3. а – график распределения РЕЕ, нормированных к составу хондрита CI (по: [15]) для позднедевонских долеритов; б – спектры распределения элементов-примесей, нормированных к составу базальтов COX [16], для позднедевонских базальтоидов. Условные обозначения: 1 – долериты центральной части п-ова Канин, 2 – долериты юго-восточной части п-ова Канин, 3 – базальты Верхневорыквинского покрова [11], 4 – базальты Северного Тимана [12], 5 – базальты р. Цильма, 6 – базальты Норильской мульды [13].

Fig. 3. а – graph of REE distribution, normalized to the composition of chondrite CI (according to: [15]) for the Late Devonian dolerites; б – spectra of the distribution of trace elements, normalized to the composition of the COX basalts [16], for the Late Devonian basaltoids. Legend: 1 – dolerites of the central part of the Kanin Peninsula, 2 – dolerites of the southeastern part of the Kanin Peninsula, 3 – basalts of the Upper-Vorykva nappe [11], 4 – basalts of the Northern Timan [12], 5 – basalts of the Tsilma river, 6 – basalts of the Norilsk trough [13].

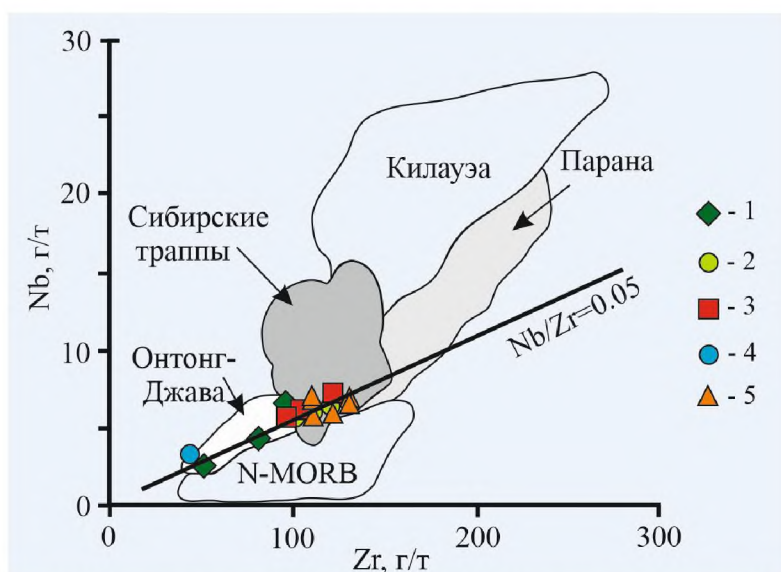


Рис. 4. Положение составов долеритов на графике соотношения Zr-Nb для долеритов п-ова Канин и базальтов Среднего Тимана в сравнении со спектрами траппов Параны, базальтов Килауэа (Гавайские острова), океанического плато Онтонг-Джава, N-MORB [14]. Условные обозначения: 1 – долериты центральной части п-ова Канин, 2 – долериты юго-восточной части п-ова Канин, 3 – базальты Верхневорыквинского покрова [11], 4 – базальты Северного Тимана [12], 5 – базальты р. Цильма.

Fig. 4. Position of dolerite compositions on the Zr-Nb ratio graph for dolerites of the Kanin Peninsula and basalts of the Middle Timan in comparison with the spectra of Parana traps, Kilauea basalts (Hawaii), Ontong Java plateau, N-MORB [14]. Legend: 1 – dolerites of the central part of the Kanin Peninsula, 2 – dolerites of the southeastern part of the Kanin Peninsula, 3 – basalts of the Upper-Vorykva nappe [11], 4 – North Timan basalts [12], 5 – basalts of the Tsilma river.

У долеритов п-ова Канин и базальтов р. Цильма Среднего Тимана отношение $Nb/La < 1$ (табл. 2), характерное для контаминации магм континентальной корой [17].

Для базальтов предложено описывать мантийные источники, из которых они могут выплавляться, в системе Th-Nb-Ce. Эта система рассматривает смешение трех компонентов: деплетированной мантии (DMM с низкими Th/Nb и высокими Ce/Nb), субдукционного компонента островных дуг (SDC с высокими Th/Nb и Ce/Nb) и остаточного компонента рециклированной океанической коры (RSC с низкими Th/Nb и Ce/Nb) [18]. На вариационной диаграмме Ce/Nb – Th/Nb (рис. 5) точки составов большей части исследуемых пород попадают в область, где в источнике заметно влияние субдукционной и коровой компоненты на исходный расплав. В породах отношения Ce/Nb и Th/Nb закономерно увеличиваются, являясь наименьшими для долеритов юго-восточной части п-ова Канин и наибольшими для базальтов на р. Цильма Среднего Тимана. Похожая тенденция характерна и для базальтоидов Норильской мульды. Точка состава базальтов Северного Тимана локализована вблизи поля примитивной мантии.

Для определения состава мантийного источника и степени его плавления использовался ряд диаграмм.

По данным вариаций Nb – Nb/Yb, применяемых для определения условий выплавления магмы [20], установлено, что расплавы, из которых формиро-

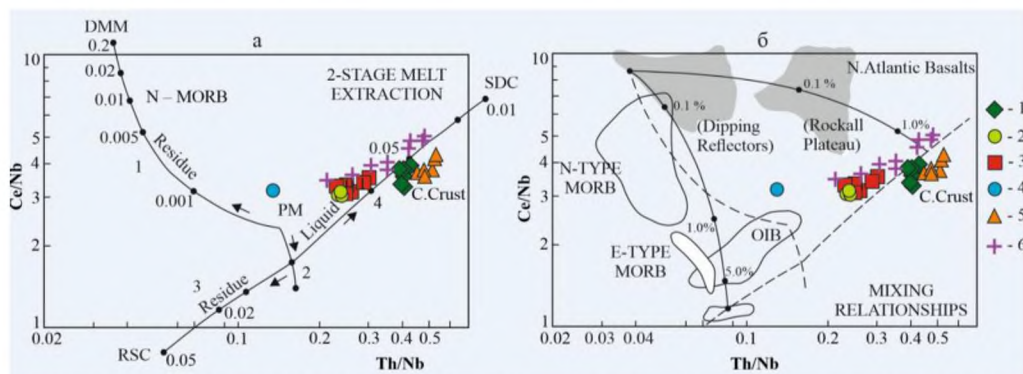


Рис. 5. а, б – положение долеритов п-ова Канин и базальтов Среднего Тимана на диаграмме Ce/Nb – Th/Nb [18].
Примечание: DMM – деплетированная мантия; PM – примитивная мантия; RSC – остаточный компонент рециклированной океанической коры; SDC – субдукционный компонент островных дуг; C. Crust – континентальная кора. Условные обозначения: 1 – долериты центральной части п-ова Канин, 2 – долериты юго-восточной части п-ова Канин, 3 – базальты Верхневорыквинского покрова [11], 4 – базальты Северного Тимана [12], 5 – базальты р. Цильма, 6 – базальты Норильской мульды [13].

Fig. 5. а, б – position of dolerites of the Kanin Peninsula and basalts of the Middle Timan on the Ce/Nb – Th/Nb diagram [18]. Note: DMM – depleted mantle; PM – primitive mantle; RSC – residual component of recycled oceanic crust; SDC – subduction component of island arcs; C. Crust – Continental crust. Legend: 1 – dolerites of the central part of the Kanin Peninsula, 2 – dolerites of the southeastern part of the Kanin Peninsula, 3 – basalts of the Upper-Vorykva nappe [11], 4 – basalts of the Northern Timan [12], 5 – basalts of the river Tselma, 6 – basalts of the Norilsk trough [13].

Таблица 2

Содержание элементов-примесей в породах п-ова Канин и Среднего Тимана (р.Цильма), г/т

Table 2

Content of trace-elements in the rocks of the Kanin Peninsula and Middle Timan (Tselma river), g/t

Компо- нент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	400401	400403	400504	1115	1666/1	1678-1	1679	1681-1	ци-18-2	ци-21	ци-20-1	ЦИ-32-3	ЦИ-36	ЦИ-41-2
V	350	320	300	190	230	240	170	260	240	190	210	230	280	330
Cr	84	56	74	27	50	100	120	53	36	37	36	59	46	50
Ni	57	42	53	32	39	55	65	47	36	37	37	48	44	46
Ga	17	18	16	15	14	14	12	15	15	15	15	16	18	19
Rb	9,2	36	9,7	24	19	15	3	24	3,6	5,5	5,1	1,8	4,3	9,7
Sr	140	170	160	150	140	130	110	140	160	170	170	160	170	200
Y	25	26	24	26	20	19	14	19	25	24	25	26	28	29
Zr	110	120	100	120	96	81	52	100	110	110	110	110	130	130
Nb	6,0	6,5	5,8	6,5	6,5	4,3	2,6	6,0	7,1	6,9	6,7	5,7	6,6	6,7
Mo	0,62	0,64	0,68	0,68	0,75	0,54	0,36	0,63	0,6	0,68	0,63	0,72	0,72	0,74
Cd	3,4	3,8	3,4	2,7	2,5	1,8	1,3	2,2	2,9	2,8	2,9	3,1	3,7	3,6
Cs	0,27	2,8	0,79	3,1	0,92	0,98	0,24	1,3	0,38	3	2,7	0,29	0,078	4,5
Ba	70	150	120	140	120	90	59	160	81	130	99	130	110	120
La	7,3	7,7	7	11	9,2	7,5	4,4	8,9	11	11	11	10	12	12
Ce	18	20	18	25	22	17	10	20	26	25	25	24	28	28
Pr	2,7	2,9	2,6	3,6	2,9	2,7	1,5	2,8	3,4	3,4	3,4	3,3	3,8	3,8
Nd	13	14	13	16	13	11	7	13	15	15	15	15	17	17
Sm	3,9	4,3	3,9	4,4	3,6	3,1	2,1	3,4	4,3	4,3	4,2	4,2	4,6	4,7
Eu	1,4	1,6	1,5	1,5	1,2	1,1	0,8	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6
Gd	4,9	5,3	4,8	5,4	4,3	3,8	2,7	4,0	5,2	5,1	5,1	5,2	5,9	5,9
Tb	0,84	0,9	0,83	0,9	0,73	0,65	0,48	0,68	0,89	0,87	0,88	0,88	0,98	0,98
Dy	4,9	5,2	4,8	5,5	4,4	4,0	3,0	4,0	5,4	5,3	5,4	5,3	5,9	5,9
Ho	0,99	1,10	0,97	1,1	0,9	0,8	0,62	0,81	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2
Er	2,8	3	2,7	3,2	2,6	2,4	1,8	2,3	3,2	3,1	3,2	3,1	3,4	3,5
Tm	0,38	0,41	0,37	0,44	0,37	0,33	0,25	0,31	0,45	0,44	0,45	0,43	0,49	0,48
Yb	2,4	2,5	2,3	2,8	2,3	2,1	1,6	1,9	2,8	2,8	2,8	2,7	3	3,1
Lu	0,37	0,39	0,36	0,43	0,38	0,32	0,25	0,29	0,43	0,42	0,43	0,42	0,46	0,47
Hf	3	3,4	2,9	3,7	3,1	2,5	1,7	3,1	3,7	3,6	3,6	3,4	4	4
Ta	0,46	0,47	0,43	0,5	0,44	0,34	0,22	0,45	0,46	0,46	0,45	0,47	0,51	0,53
Pb	1,9	1,4	1,6	3,6	3,1	3,2	2,3	4,3	2,6	3,3	3,1	5,8	4	3,8
Th	1,4	1,5	1,4	2,6	2,6	1,8	1,0	2,4	3,2	3,3	3,2	2,9	3,4	3,4
U	0,31	0,35	0,32	0,6	0,58	0,4	0,23	0,53	0,72	0,71	0,71	0,64	0,76	0,79
Nb/La	0,82	0,84	0,83	0,59	0,71	0,57	0,59	0,67	0,64	0,63	0,61	0,57	0,55	0,56
LaN/YbN	2,05	2,07	2,05	2,64	2,69	2,41	1,85	3,16	2,65	2,65	2,65	2,49	2,7	2,61

Примечания: 1 – 3 – долериты юго-востока п-ова Канин, 4 – 8 – долериты центральной части п-ова Канин, 9 – 14 – базальты р. Цильма (Средний Тиман).

Notes: 1 – 3 – dolerites of the southeastern part of the Kanin Peninsula, 4 – 8 – dolerites of the central part of the Kanin Peninsula, 9 – 14 – basalts of the river Tselma (Middle Timan).

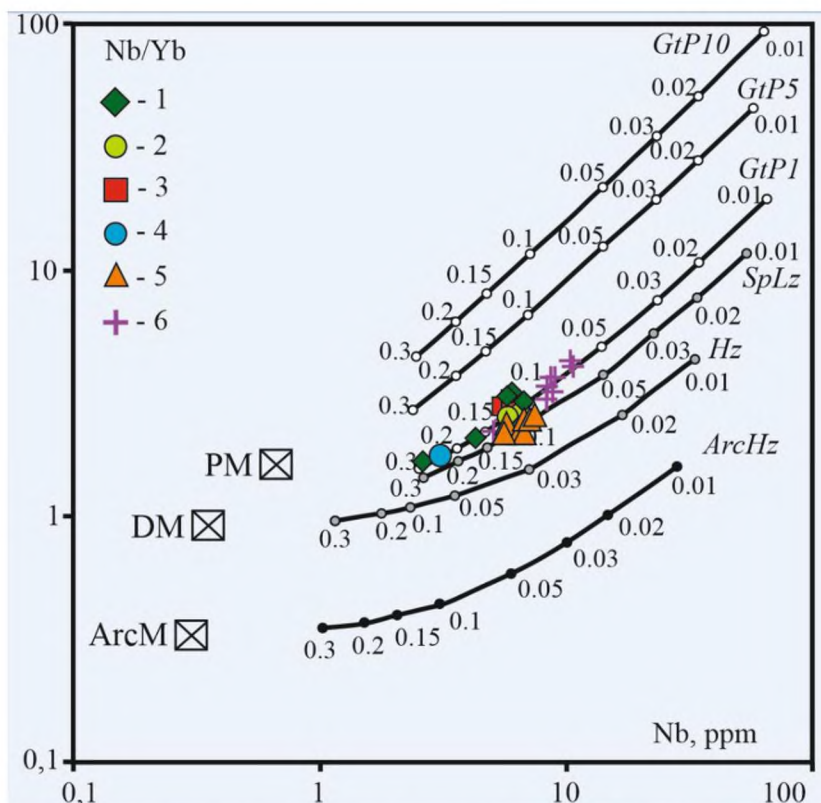


Рис. 6. Составы долеритов п-ова Канин и базальтов Тимана в сопоставлении с результатами численного моделирования частичного плавления разных мантийных источников в системе Nb – Nb/Yb [19]. Кривые показывают вычисленные соотношения при плавлении пород гранатового перидотита с содержанием граната 1%, 5%, 10 % (GtP1, GtP5, GtP10), шпинелевого лерцолита (SpLz) примитивной мантии (PM), умеренно деплетированного гарцбургита (Hz) деплетированной мантии (DM) и островодужного гарцбургита (ArcHz) поддутовой сильно деплетированной мантии (ArcM). Условные обозначения: 1 – долериты центральной части п-ова Канин, 2 – долериты юго-восточной части п-ова Канин, 3 – базальты Верхневорыквинского покрова [11], 4 – базальты Северного Тимана [12], 5 – базальты р. Цильма, 6 – базальты Норильской мульды [13].

Fig. 6. Compositions of dolerites of the Kanin Peninsula and Timan basalts in comparison with the results of numerical modeling of partial melting of various mantle sources in the Nb–Nb/Yb system [19]. The curves show the calculated ratios during melting of garnet peridotite rocks with 1%, 5%, 10% garnet (GtP1, GtP5, GtP10), spinel lherzolite (SpLz) of primitive mantle (PM), moderately depleted harzburgite (Hz) of depleted mantle (DM) and island-arc harzburgite (ArcHz) of subarc strongly depleted mantle (ArcM). Legend: 1 – dolerites of the central part of the Kanin Peninsula, 2 – dolerites of the southeastern part of the Kanin Peninsula, 3 – basalts of the Upper-Vorykva nappe [11], 4 – North Timan basalts [12], 5 – basalts of the river Tsilma, 6 – basalts of the Norilsk trough [13].

лись породы канино-тиманского комплекса, образовались при плавлении гранатового перидотита с содержанием граната 1 % или шпинелевого лерцолита (рис. 6).

На диаграмме Sm – Sm/Yb, которая отражает результаты численного моделирования частичного плавления разных мантийных источников [12], прослеживается, что степень плавления варьировала от 10 до 20 %, максимальная степень плавления составляла 30 % (см. рис.7). При такой степени плавления формировались расплавы, которые дали начало наименее дифференцированным породам Северного Тимана и центральной части п-ова Канин.

Заключение

Петрохимически долериты и базальты канино-тиманского комплекса п-ова Канин и района р. Цильма Среднего Тимана относятся к базальтоидам нормального ряда щелочности и частично к умеренно щелочным разновидностям. Породы соответствуют толетовой серии, в целом наименее дифференцированными разновидностями являются долериты юго-восточной части п-ова Канин, наиболее – базальты р. Цильма Среднего Тимана.

Содержания РЗЭ в долеритах и базальтах канино-тиманского комплекса п-ова Канин и района р. Цильма Среднего Тимана варьируют. Наименьшие концентрации установлены в породах центральной части п-ова Канин (36,5 и 56,8 г/т), в этих же образцах зафиксирована наименьшая величина La_N/Yb_N (1,85 и 2,4 соответственно), что указывает на повышенную степень плавления источника. Наибольшие содержания выявлены в базальтах с р. Цильма (77,13–88,33 г/т), значения La_N/Yb_N (2,49–2,7 соответственно). По сравнению с базальтами трапповой формации Норильской мульды исследованные породы содержат меньшие концентрации редких и рассеянных элементов и формировались из менее обогащенного источника.

Расплавы, из которых формировались породы канино-тиманского комплекса, образовались при плавлении либо шпинелевого лерцолита, либо гранатового перидотита с содержанием граната 1 %. Степень плавления варьировала от 10 до 20 %. Максимальная степень плавления составляла 30 %, при такой степени плавления

формировались расплавы, которые дали начало наименее дифференцированным породам Северного Тимана и центральной части п-ова Канин.

Мантийный источник, давший начало расплавам, из которого образовались породы канино-тиманского комплекса, был обогащен субдукционной и коровой компонентами, похожий тип источника характерен для базальтоидов Норильской мульды.

Литература

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Северо-Кавказская. Баренцево-морская. Лист R-37, 38. м. Святой

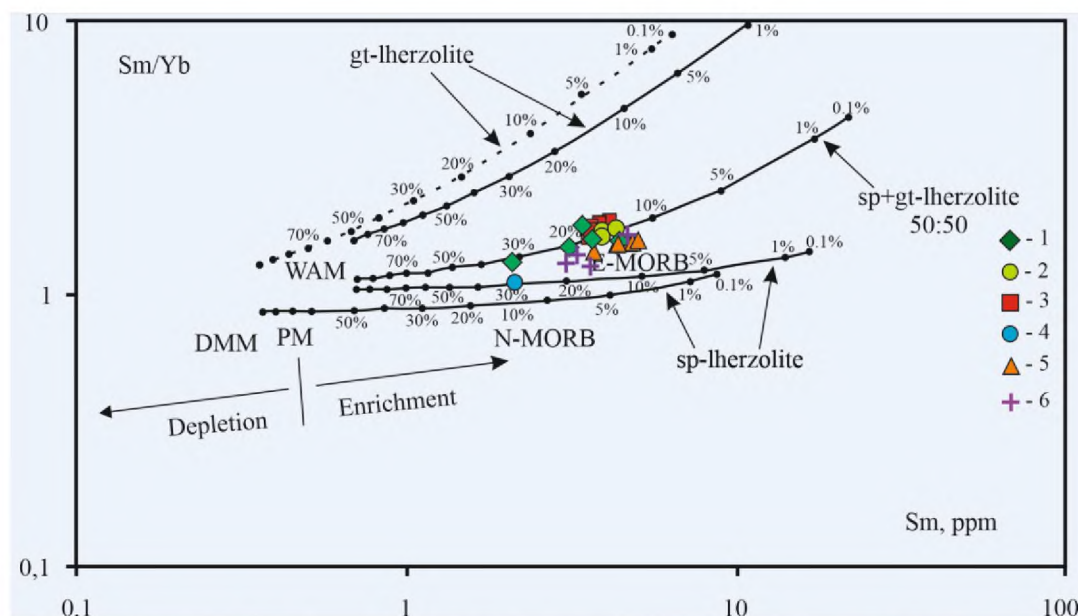


Рис. 7. Составы долеритов п-ова Канин и базальтов Тимана в сопоставлении с результатами численного моделирования частичного плавления разных мантийных источников в системе Sm – Sm/Yb [20]. Кривые показывают вычисленные соотношения при плавлении пород деплетированной мантии (DM): гранатового лерцолита (GrtLz), шпинелевого лерцолита (SpLz) и их смеси в соотношении 1:1 (Grt-SpLz). Цифрами обозначена степень плавления. Условные обозначения: 1 – долериты центральной части п-ова Канин, 2 – долериты юго-восточной части п-ова Канин, 3 – базальты Верхневорыквинского покрова [11], 4 – базальты Северного Тимана [12], 5 – базальты р. Цильма, 6 – базальты Норильской мульды [13].

Fig. 7. Compositions of dolerites of the Kanin Peninsula and Timan basalts in comparison with the results of numerical modeling of partial melting of various mantle sources in the Sm – Sm/Yb system [20]. The curves show the calculated ratios during melting of depleted mantle (DM) rocks: garnet lherzolite (GrtLz), spinel lherzolite (SpLz) and their mixture in a 1: 1 ratio (Grt-SpLz). The numbers indicate the degree of melting. Legend: 1 – dolerites of the central part of the Kanin Peninsula, 2 – dolerites of the southeastern part of the Kanin Peninsula, 3 – basalts of the Upper-Vorykva nappe [11], 4 – North Timan basalts [12], 5 – basalts of the Tsilma river, 6 – basalts of the Norilsk trough [13].

Нос, м. Канин Нос. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2008. 251 с. + 11 вкл. (Минприроды России, Роснедра, ФГУП «ВСЕГЕИ», ВНИИОкеангеология, ОАО «МАГЭ»).

2. Журавлев В.А., Куприн В.Ф., Лукьянова Л.И., Парамонова М.С. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Мезенская. Лист Q-38 – Мезень. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012. 311 с. + 3 вкл.
3. Пармузин Н.М., Мазуркевич К.Н., Семенова Л.Р., Коссовая О.Л. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Мезенская. Лист Q-39 – Нарьян-Мар. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. 393 с. + 32 вкл.
4. Степаненко В.И. Канино-Тимано-Печорская провинция позднедевонского внутриплитного магматизма (положение и размеры) // Доклады академии наук. 2016. Т. 467. № 5. С. 572–575.
5. Панева А.А., Куликова К.В., Бурцев И.Н. Внутриплитный палеозойский магматизм Среднего Тимана // Петрология магматических и метаморфических комплексов: Материалы VIII Всероссийской петрографической

конференции с международным участием. Томск, 2016. С. 224–230.

6. Лобковский Л.И., Никушин А.М., Хаин В.Е. Современные проблемы геотектоники и геодинамики. М.: Науч. мир, 2004. 612 с.
7. Оловягинищников В.Г. Геологическое развитие Северного Тимана и п-ова Канин. Сыктывкар: Геопринт, 2004. 80 с. Илл. 52, табл. 116.
8. Шмакова А.М., Куликова К.В. Петрография и минералогия позднедевонских долеритов центральной и юго-восточной части полуострова Канин // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2020. № 6 (46). С. 40–48. УДК 552.31 (470.111) DOI 10.19110/1994-5655-2020-6-40-48
9. Jensen L.S. A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks // Ontario Division Mines Misc. Pap., 1976. Vol. 66. 22 p.
10. Irvine T.N., Baragar W.R.A. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks // Canad. J. Earth Sci. 1971. Vol. 8. P. 523–548.
11. Удоротина О.В., Андреичев В.Л., Травин А.В., Саватенков В.М. Базальты Среднего Тимана: Rb-Sr, Sm-Nd, и Ar-Ar данные // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Материалы XVI Геологического съезда Республики Коми. Т. II. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2014. 384 с.

12. *Анферова Е.А., Удортатина О.В., Ронкин Ю.Л.* Девонские базальты Северного Тимана // Вулканизм и геодинамика: Мат-лы V Всерос. симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Екатеринбург: ИГТ УрО РАН, 2011. С. 3–5.
13. *Криволицкая Н.А., Рудакова А.В.* Строение и геохимические особенности пород трапповой формации Норильской мульды (СЗ Сибирской платформы) // Геохимия. 2009. №7. С. 675–698.
14. *Reichow M.K., Saunders A.D., White R.V. et al.* Geochemistry and petrogenesis of basalts from the West Siberian Basin: an extension of the Permo-Triassic Siberian Traps, Russia // Lithos. 2005. No.79. P. 425–452.
15. *Boynnton W. V.* Geochemistry of Rare Earth Elements Meteorite Studies // Rare Earth Element Geochemistry. Amsterdam, 1984. P. 63–114.
16. *Pearce J.A.* Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries / Ed. R.S.Thorpe // Andesites. Wiley, Chichester, 1982. P. 525–548.
17. *Lightfoot P.C., Howkesworth C.J., Hergt J., Naldrett A.J. et al.* Remobilisation of the continental lithosphere by a mantle plume: major-, trace-element, and Sr-, Nd-, and Pb-isotopic evidence from picritic and tholeiitic lavas of the Norilsk District, Siberian Trap, Russia. Contrib // Mineral Petrol. 1993. Vol.114. P. 171–188.
18. *Saunders A.D., Norry M.J., Tarney J.* Origin of MORB and Chemically-Depleted Mantle Reservoirs: Trace Element Constraints // J. of Petrology, Special Lithosphere Issue. 1988. P. 415–445.
19. Early Carboniferous volcanic rocks of West Junggar in the western Central Asian Orogenic Belt: implications for a supra-subduction system / *G.Yang, Y.Li, L.Safonova, S.Yi, L.Tong, R.Seltmann* // Intern. Geology Review. 2014. Vol. 56. P. 823–844.
20. *Aldanmaz E., Pearce J.A., Thirlwall M.F., Mitchell J.G.* Petrogenetic evolution of late Cenozoic, post-collision volcanism in western Anatolia, Turkey // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2000. Vol. 102. Iss. 1–2. P. 67–95.
3. *Parmuzin N.M., Mazurkevich K.N., Semenova L.R., Kossovaya O.L. et al.* Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federacii. Masshtab 1 : 1 000 000 (tretye pokolenie). Seriya Mezenskaya. List Q-38 – Mezen'. Obyasnitelnaya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1000 000 (third generation). Mezen series. Sheet Q-38 – Mezen. Explanatory note]. St.Petersburg: Cartographic factory VSEGEI, 2012. 311 p. + 3 inserts.
4. *Stepanenko V.I.* Kanino-Timano-Pechorskaya provinciia pozdnedevonskogo vnutriplitovogo magmatizma (polozhenie i razmery) [Kanin-Timan-Pechora province of the Late Devonian intraplate magmatism (position and size)] // Doklady Earth Sciences. 2016. Vol. 467. No. 5. P. 572–575.
5. *Paneva A.A., Kulikova K.V., Burtsev I.N.* Vnutriplitnii paleozoiskii magmatism Srednego Timana // Petrologiya magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov [Intraplate Paleozoic magmatism of the Middle Timan // Petrology of magmatic and metamorphic complexes]: Materials of VIII All-Russian petrograph. conf. with intern. partic. Tomsk, 2016. P. 224–230.
6. *Lobkovsky L.I., Nikishin A.M., Khain V.E.* Sovremennye problem geotektoniki i geodinamiki [Modern problems of geotectonics and geodynamics]. Moscow: Scientific World, 2004. 612 p.
7. *Olovyanishnikov V.G.* Geologicheskoe razvitie Severnogo Timana i p-ova Kanin [Geological development of Northern Timan and the Kanin Peninsula]. Syktyvkar: Geoprint, 2004. 80 p. Illustrations 52, Tables 116.
8. *Shmakova A.M., Kulikova K.V.* Petrografiya i mineralogiya pozdnedevonskikh doleritov centralnoi i yugo-vostochnoi chasti po:uostrova Kanin [Petrography and mineralogy of the Late Devonian dolerites of the central and southeastern part of the Kanin Peninsula] // Proc. of the Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 2020. No. 6(46). P. 40–48. UDC 552.31 (470.111) DOI 10.19110 / 1994-5655-2020-6-40-48
9. *Jensen L.S.* A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks // Ontario Division Mines Misc. Pap., 1976. Vol. 66. 22 p.
10. *Irvine T.N., Baragar W.R.A.* A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks // Canad. J. Earth Sci. 1971. Vol. 8. P. 523–548.
11. *Udoratina O.V., Andreichev V.L., Travin A.V., Savatenkov V.M.* Bazalty Srednego Timana: Rb-Sr, Sm-Nd, i Ar-Ar dannie // Geologiya imineralnie resursy Evropeiskogo Severo-Vostoka Rossii [Basalts of the Middle Timan: geologicheskaya karta Rossiiskoi Federacii. Masshtab 1 : 1 000 000 (tretye pokolenie). Seriya Severo-Karsko-Barentemorskaya. List R-37, 38. M. Svyatoy Nos, m. Kanin Nos. Obyasnitelnaya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1 000 000 (third generation). North Kara-Barents Sea series. Sheet R-37, 38. Cape Svyatoy Nos, Cape Kanin Nos. Explanatory note]. St.Petersburg: Cartographic factory VSEGEI, 2008. 251 p. + 11 inserts. (Ministry of Natural Resources of Russia, Rosnedra, VSEGEI, VNIIOkeangeologia, JSC "MAGE").

References

1. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federacii.* Masshtab 1 : 1 000 000 (tretye pokolenie). Seriya Severo-Karsko-Barentemorskaya. List R-37, 38. M. Svyatoy Nos, m. Kanin Nos. Obyasnitelnaya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1 000 000 (third generation). North Kara-Barents Sea series. Sheet R-37, 38. Cape Svyatoy Nos, Cape Kanin Nos. Explanatory note]. St.Petersburg: Cartographic factory VSEGEI, 2008. 251 p. + 11 inserts. (Ministry of Natural Resources of Russia, Rosnedra, VSEGEI, VNIIOkeangeologia, JSC "MAGE").
2. *Zhuravlev V.A., Kuprin V.F., Lukyanova L.I., Paramonova M.S. et al.* Gosudarstvennaya

- Rb-Sr, Sm-Nd, and Ar-Ar data // *Geology and mineral resources of the European North-East of Russia*: Materials of the XVI Geol. Congr. of the Komi Republic. Vol. II. Syktyvkar: Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 2014. 384 p.
12. *Anferova E.A., Udoratina O.V., Ronkin Yu.L.* Devonские базальты Северного Тимана // *Vulkanizm i geodinamika* [Devonian basalts of Northern Timan // *Volcanism and geodynamics*]: Materials of the V All-Russian Symp. on Volcanology and Paleovolcanology. Ekaterinburg: Inst. of Geology and Geochemistry, Ural Branch, RAS, 2011. P. 3–5.
 13. *Krivolutskaya N.A., Rudakova A.V.* Stroenie i geokhimicheskie osobennosti porod trappovoi formacii Noril'skoi muldy (SZ Sibirskoi platformy) [The structure and geochemical features of the rocks of the trap formation of the Noril'sk trough (NW of the Siberian platform)] // *Geochemistry*. 2009. No. 7. P. 675–698.
 14. *Reichow M.K., Saunders A.D., White R.V. et al.* Geochemistry and petrogenesis of basalts from the West Siberian Basin: an extension of the Permo-Triassic Siberian Traps, Russia // *Lithos*. 2005. No.79. P. 425–452.
 15. *Boynton W. V.* Geochemistry of Rare Earth Elements Meteorite Studies // *Rare Earth Element Geochemistry*. Amsterdam, 1984. P. 63–114.
 16. *Pearce J.A.* Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries / Ed. R.S.Thorpe // *Andesites*. Wiley, Chichester, 1982. P. 525–548.
 17. *Lightfoot P.C., Howkesworth C.J., Hergt J., Naldrett A.J. et al.* Remobilisation of the continental lithosphere by a mantle plume: major-, trace-element, and Sr-, Nd-, and Pb-isotopic evidence from picritic and tholeiitic lavas of the Noril'sk District, Siberian Trap, Russia. Contrib // *Mineral Petrol*. 1993. Vol.114. P. 171–188.
 18. *Saunders A.D., Norry M.J., Tarney J.* Origin of MORB and Chemically-Depleted Mantle Reservoirs: Trace Element Constraints // *J. of Petrology, Special Lithosphere Issue*. 1988. P. 415–445.
 19. Early Carboniferous volcanic rocks of West Junggar in the western Central Asian Orogenic Belt: implications for a supra-subduction system / *G.Yang, Y.Li, L.Safonova, S.Yi, L.Tong, R.Seltmann* // *Intern. Geology Review*. 2014. Vol. 56. P. 823–844.
 20. *Aldanmaz E., Pearce J.A., Thirlwall M.F., Mitchell J.G.* Petrogenetic evolution of Late Cenozoic, post-collision volcanism in western Anatolia, Turkey // *J. of Volcanology and Geothermal Research*. 2000. Vol. 102. Issue 1–2. P. 67–95.

Статья поступила в редакцию 21.04.2021

УДК 550.4, 551.2, 552.3
DOI 10.19110/1994-5655-2021-3-32-40

Ю.В. ДЕНИСОВА

ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГРАНИТО-ГНЕЙСОВ НИКОЛАЙШОРСКОГО МАССИВА (ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

*Институт геологии им. акад. Н. П. Юшкина
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар*

yulden777@yandex.ru

YU.V. DENISOVA

PETROCHEMICAL FEATURES OF GRANITE-GNEISSES OF THE NIKOLAISHOR MASSIF (SUBPOLAR URALS)

*N.P. Yushkin Institute of Geology, Federal
Research Centre Komi Science Centre,
Ural Branch, RAS,
Syktывkar*

Аннотация

В статье представлены результаты петрохимического изучения гранито-гнейсов Николайшорского массива. Согласно анализу основных петрогенных элементов, породы являются высокоглиноземистыми лейкогранитами калиево-натриевого типа. Особенности распределения редких и редкоземельных элементов указывают на формирование пород из глубинных коровых расплавов, обогащенных легкими редкоземельными элементами. Сравнительный анализ особенностей расположения фигуративных точек составов гранито-гнейсов на диаграммах Дж.А. Пирса, Д. Папу, Н.Б. Харриса и данных, рассчитанных по методу С. Агравала, показал, что породы Николайшорского массива представляют собой синколлизийные граниты, сформированные на позднеорогенном этапе.

Ключевые слова:

гранито-гнейс, Николайшорский массив, Приполярный Урал, С. С. Сан, плагиогранит COX, Дж. А. Пирс, Д. Папу, Н. Б. Харрис

Abstract

The Nikolaishor massif is located within the heavily eroded gneisses of the Nyarta metamorphic complex and is an autochthonous massif composed of plagiogranites and kalispatic granites. The conducted petrochemical study of the least modified variety of granites of this massif made it possible to identify the petrochemical features of the studied rock, as well as to determine the geodynamic conditions for the formation of the Nikolaishor massif. According to the results of the silicate analysis, granites are high-alumina leucogranites of the potassium-sodium type. The initial substrate for the studied rocks was presumably magmatic protolith. Based on the ICP-MS analysis data, various indicator ratios were calculated for the granites. The obtained indicators allowed us to conclude that the rocks under consideration were formed from melts enriched mainly with light TR, which belong to a deep crustal type source. Comprehensive study of multivariate discriminant analysis indicators for the main elements of S. Agrawal, as well as diagrams of J.A. Pearce, D. Papu, N.B. Harris, showed that the rocks of the Nikolaishor massif are syncollisional granites formed in the Late Orogenic time.

Keywords:

granite-gneiss, Nikolaishor massif, Subpolar Urals, S.S. Sun, plagiogranite COX, J.A. Pearce, D. Papu, N.B. Harris

Введение

В пределах Западного склона Приполярного Урала, представляющего собой область наиболее древней периферической части Уральского подвижного пояса, отмечаются гранитные образования различных возрастов (раннепротерозойского, средне- и позднерифейского, вендского или вендско-раннекембрийского). Раннепротерозойские интрузии, которые пространственно ассоциируются с гнейсами няртинского метаморфического комплекса, представлены гнейсовидными гранитами николайшорского комплекса (Николайшорский массив, Балашорский массив и др.). К среднерифейским интрузиям относятся граниты кожимского комплекса. Примером таких гранитов является Кожимский массив, расположенный среди отложений пуйвинской свиты. Вендские (или вендско-раннекембрийские) интрузии – это граниты сальнеро-маньхамбовского комплекса, прорывающие отложения хобеинской, мороинской и саблегорской свит (Народинский, Хаталамба-Лапчинский, Яротский массивы и др.) [1, 2].

В представленной работе в качестве объекта исследования был выбран Николайшорский массив. Целью проведенных изысканий является изучение петрохимических особенностей гранито-гнейсов и на их основе выявление геодинамических условий формирования Николайшорского массива.

Николайшорский массив приурочен к Няртинскому блоку и образует вытянутое в северо-северо-западном направлении узкое согласное пла-

стовое тело длиной 4 км при средней ширине 1,5 км, расположенное в бассейне руч. Николайшор (рис. 1). К Николайшорскому массиву также относят гранитоидное тело, расположенное южнее. Среди гранитов Николайшорского массива выделяются две основные разновидности: плагиограниты и нормальные калишпатовые граниты. Эти граниты в основном имеют гнейсовидный облик и взаимные переходы к гнейсам и кристаллическим сланцам, что позволило А.М. Пыстину [3] рассматривать данные породы как плагиогранито-гнейсы и гранито-гнейсы. Развиваются гранито-гнейсы преимущественно за счет плагиогранито-гнейсов и пространственно тесно связаны с ними. Кроме пород гранитного ряда, составляющих основной объем Николайшорского гранитного массива, в его составе встречаются в различной степени гранитизированные метаморфиты няртинского комплекса [5].

Переходы от гранито-гнейсов и плагиогранито-гнейсов к вмещающим породам (гнейсам, кристаллическим сланцам и амфиболитам) обычно плавные через зоны гранитизации и мигматизации. Вблизи контактов гнейсы становятся более светлыми за счет альбитизации и окварцевания, амфиболиты преобразовываются в кварц-эпидот-полево-шпатовые сланцы. Также встречаются микроклинизированные породы, небольшие тела пегматитов и аплитов, мусковитосодержащие кварцевые жилы [6].

Для петрографического и петрохимического изучения пород Николайшорского массива были отобраны частные пробы в количестве 10 единиц

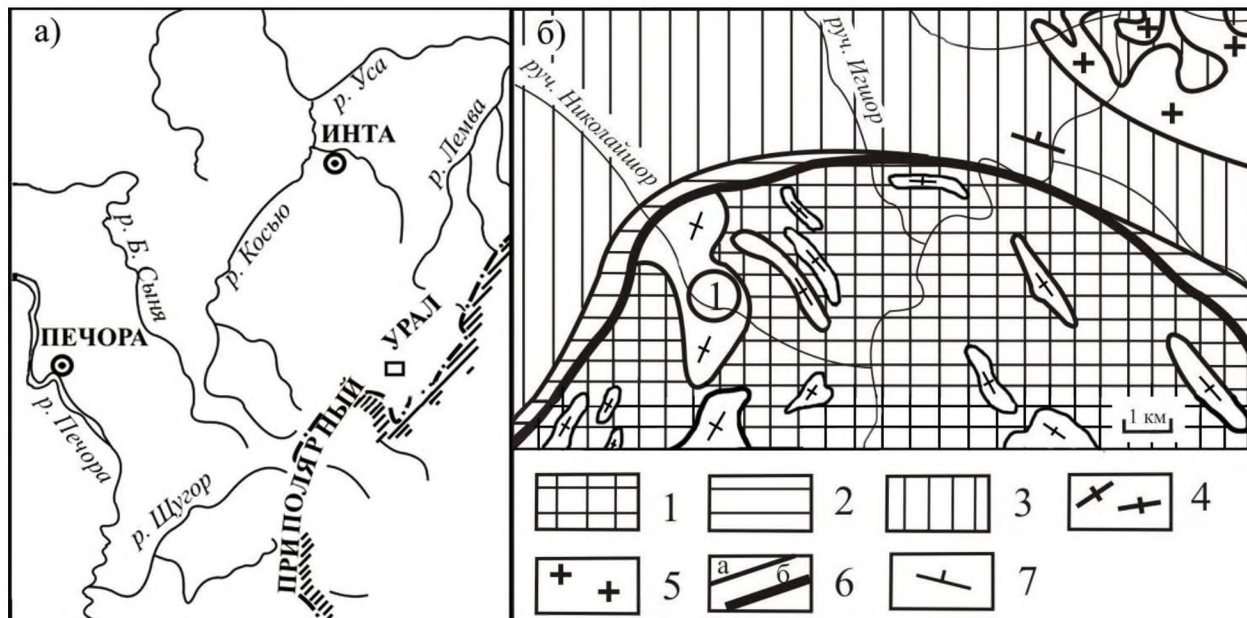


Рис. 1. а) Обзорная карта района Приполярного Урала (прямоугольником отмечена область исследования).

б) Николайшорский массив (по А.М. Пыстину и Ю.И. Пыстиной [4] с дополнениями).

1 – биотитовые и двуслюдяные гнейсы с прослоями амфиболитов; 2 – известковистые кристаллические сланцы, мраморы, кварциты, амфиболовые сланцы; 3 – слюдяно-кварцевые сланцы, зеленые ортосланцы, метапорфиры, кварциты; 4 – гранито-гнейсы; 5 – граниты; 6 – геологические границы: а – стратиграфические и магматические, б – тектонические; 7 – элементы залегания плоскостных структур.

Fig. 1. a) Overview map of the area of the SubPolar Urals (rectangle marks the area of study).

б) Nikolaishor massif (according to A.M. Pystin and Yu.I. Pystina [4] with additions).

1 – biotite and double-mica gneisses with interlayers of amphibolites; 2 – calcareous crystalline schists, marbles, quartzites, amphibole schists; 3 – mica-quartz schists, green orthoschists, metaporphires, quartzites; 4 – granite-gneisses; 5 – granites; 6 – geological boundaries: a – stratigraphic and magmatic, b – tectonic; 7 – elements of occurrence of planar structures.

точечным методом. Каждая проба представляет собой куски неизменной породы (гранито-гнейсы) общим весом в среднем 10 – 15 кг.

Петрографические особенности гранито-гнейсов Николайшорского массива

Проведенное петрографическое исследование показало, что граниты Николайшорского массива представляют собой серовато-зеленые и серые среднезернистые породы, иногда порфириовидные. Отмечаются преимущественно породы гнейсовидного облика, но встречаются и массивные разновидности. Причем все разновидности гранитов изученного массива сильно катаклазированы. Для этих пород характерны лепидогранобластовая и гранобластовая структуры. Породы Николайшорского массива состоят из: калиевого полевого шпата (25%), плагиоклаза (35%), кварца (35%), биотита (4%), мусковита (1%).

Калиевый полевой шпат, представленный преимущественно микроклином, реже анортоклазом, встречается в виде округлых изометричных зерен размером до 5 см. Плагиоклаз отмечается как в форме вкрапленников, так и в составе основной массы. У этого минерала выявлено две генерации: первая – протоматматическая, вторая – метасоматическая. Плагиоклаз первой генерации – это новообразования альбита и альбит-ортоклаза. Альбит, развивающийся как по полевому шпату, так и по плагиоклазу первой генерации, относится к плагиоклазу второй генерации. Кварц образует ксеноморфные и овальные зерна. Повсеместно присутствуют биотит и реже мусковит, которые концентрируются в виде тонких пластинчатых скоплений. Между содержаниями слюд установлена обратная зависимость: увеличение содержания мусковита влечет за собой уменьшение количества биотита в породе. Причем для гранито-гнейса с повышенным содержанием мусковита характерна более выраженная сланцеватая структура.

Среди акцессорных минералов Николайшорского массива отмечаются циркон, апатит, гранат, титанит и др. Циркон встречается в виде хорошо ограненных, обычно прозрачных светло-желтых кристаллов короткопризматического и длиннопризматического облика. Кроме того, наблюдается незначительное количество светло-желтых полупрозрачных окатанных кристаллов. Циркон присутствует в виде включений во всех породообразующих минералах, но чаще в плагиоклазе и биотите. Апатит отмечается в виде молочно-белых полупрозрачных минералов гексагонального призматического габитуса и желтоватых полупрозрачных кристаллов гексагонального дипирамидально-призматического габитуса. Минерал образует включения в плагиоклазе, биотите, кварце, микроклине. Гранат – это чаще розовые полупрозрачные изометричные зерна ромбододекаэдрического габитуса. Обычно ассоциируется с поздним микроклином, причем чаще всего определяется на границах микроклин-плагиоклаз и микроклин-кварц. Титанит встречается преимущественно в виде бесцветных прозрачных

идиоморфных кристаллов с неровными сглаженными гранями. Минерал обычно приурочен к трещинам в самих породообразующих минералах (биотит, кварц, мусковит) и к границам их зерен. Из рудных минералов установлены пирит, ильменит, магнетит, молибденит и др. Пирит представлен правильными, хорошо ограненными кристаллами желтого цвета с буроватым оттенком и металлическим блеском. Чаще всего кристаллы имеют кубический габитус. Ильменит встречается в виде железно-черных зерен неправильной формы с металлическим блеском. Магнетит образует черные зерна с металлическим блеском преимущественно неправильной формы. Молибденит присутствует в виде серых чешуек неправильной листоватой формы с сильным металлическим блеском.

Петрохимические особенности гранито-гнейсов Николайшорского массива

На основе химического состава петрогенных элементов (табл. 1) можно утверждать, что Николайшорские гранито-гнейсы представляют собой лейкограниты калиево-натриевого типа, так как содержание SiO_2 находится в диапазоне от 74,20 до 76,20 мас. % и в среднем составляет 75,61 мас. %, $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ – от 6,81 до 8,47 мас. % и в среднем – 7,88 мас. %, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ – от 0,59 до 1,75 и в среднем – 1,26 [7 – 9]. Согласно Б. Чаппелу и А. Уайту, пониженный уровень $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} \sim 0,5$ указывает на преобладание в составе гранитообразующего субстрата осадочных пород [10]. По коэффициенту глиноземистости, который изменяется от 5,47 до 8,44 и в среднем составляет 6,33, граниты Николайшорского массива характеризуются как высокоглиноземистые породы. Аппаитовый индекс, находящийся в диапазоне от 0,50 до 0,65 и в среднем составляющий 0,60, указывает на преобладание Al_2O_3 над щелочами [11, 12].

В свою очередь были изучены особенности распределения редких и редкоземельных элементов в гранито-гнейсах Николайшорского массива (табл. 2). Индикаторное отношение La/Lu (в среднем 60,11) показывает, что для рассматриваемых пород характерно значительное преобладание легких редкоземельных элементов над тяжелыми. Этому способствовало включение ряда редкоземельных элементов (преимущественно цериевой группы) в виде изоморфной примеси в состав плагиоклазов на начальных этапах формирования породы. В рассматриваемых породах отмечается и характерный для гранитов дефицит Eu (в среднем $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,16$). Причиной появления такой потери, согласно Ю. А. Балашову [13], считается влияние фракционной кристаллизации на процессы преобразования гранитообразующих расплавов, в результате которого происходило активное удаление полевых шпатов. Отношение La/Yb (в среднем 16,30) позволяет говорить, что гранито-гнейсы относятся к среднедифференцированному типу пород. Маркерное отношение Th/U (в среднем 2,72) указывает на сильное проявление метасоматических процессов [14, 15]. Граниты Николайшорского массива

Таблица 1

Химический состав гранитов Николайшорского массива, мас. %

Table 1

Chemical composition of granites of the Nikolaishor massif, wt. %

Компонент	Номер пробы										Сред- нее
	H-1	H-2	H-3	H-4	H-5	H-6	H-7	H-8	H-9	H-10	
SiO ₂	74,20	75,50	75,04	76,11	76,14	75,40	75,76	76,20	75,66	76,12	75,61
TiO ₂	0,13	0,16	0,23	0,05	0,10	0,13	0,10	0,11	0,17	0,22	0,14
Al ₂ O ₃	13,53	13,72	13,48	13,67	12,57	13,01	13,14	12,58	12,86	13,88	13,24
FeO	1,65	1,21	1,43	0,48	0,42	1,05	0,75	0,61	0,81	0,94	0,94
Fe ₂ O ₃	0,61	0,72	0,54	1,01	0,89	1,16	0,97	1,23	1,08	0,89	0,91
MnO	0,03	0,01	0,03	0,02	0,04	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,03
MgO	0,05	0,30	0,24	0,35	0,18	0,17	0,42	0,29	0,39	0,41	0,28
CaO	2,01	1,55	0,86	0,46	1,22	0,67	0,59	0,52	0,38	0,29	0,86
Na ₂ O	4,28	3,84	3,75	3,11	3,28	3,48	3,33	4,29	3,02	3,11	3,55
K ₂ O	2,53	3,53	3,83	4,89	4,31	4,78	5,14	3,79	5,29	5,18	4,33
P ₂ O ₅	0,04	0,01	0,12	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,03	0,03
ппп	0,74	0,32	0,68	0,23	1,08	0,49	0,62	0,59	0,49	0,58	0,58
Σ	99,80	100,87	100,23	100,39	100,25	100,4	100,86	100,27	100,19	101,68	-
H ₂ O	0,07	0,05	0,05	0,12	0,09	0,02	0,08	0,15	0,11	0,12	0,09
CO ₂	0,11	0,09	0,05	0,10	0,35	0,32	0,19	0,17	0,11	0,09	0,16
K ₂ O/Na ₂ O	0,59	0,92	1,02	1,57	1,31	1,37	1,54	0,88	1,75	1,67	1,26
K ₂ O+Na ₂ O	6,81	7,37	7,58	8,00	7,59	8,26	8,47	8,08	8,31	8,29	7,88
(K ₂ O+Na ₂ O) / Al ₂ O ₃	0,50	0,54	0,56	0,59	0,60	0,63	0,64	0,64	0,65	0,60	0,60
Al ₂ O ₃ /(Fe ₂ O ₃ +FeO+MgO)	5,87	6,15	6,10	7,43	8,44	5,47	6,14	5,91	5,64	6,20	6,33

Примечание. Петрогенные элементы получены с помощью силикатного метода в ЦРП «Наука» Института геологии Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар, аналитик О. В. Кокшарова).

Таблица 2

Содержания редких и редкоземельных элементов в гранитах Николайшорского массива, г/т

Table 2

Content of rare and rare earth elements in granites of the Nikolaishor massif, g/t

Элемент	Номер пробы					Сред- нее	Гранит по Sun	Гранит по COX	Нормализованные средние данные	
	H-1	H-2	H-4	H-5	H-7				по Sun	по COX
Rb	183,93	196,88	187,64	205,89	187,89	192,45	-	4,0	-	48,11
Ba	331,28	214,12	201,19	351,26	400,12	299,60	-	50,0	-	5,99
Th	4,56	2,93	2,33	5,26	3,69	3,75	-	8,0	-	0,47
Ta	1,06	1,11	1,07	1,25	1,39	1,18	-	7,0	-	0,17
Nb	6,1	5,2	16,75	14,59	9,12	10,35	-	10,0	-	1,04
Hf	2,52	2,21	2,91	2,63	2,74	2,60	-	9,0	-	0,29
Zr	26,37	19,87	11,65	15,69	14,59	17,63	-	340,0	-	0,05
Y	19,41	21,83	21,51	32,56	35,89	26,24	-	70,0	-	0,37
U	1,01	1,90	1,23	2,01	1,22	1,47	-	-	-	-
La	18,91	15,30	16,70	24,12	14,48	17,90	0,24	-	115,22	-
Ce	28,21	22,97	33,57	43,15	21,59	29,90	0,61	35,0	92,00	0,85
Pr	3,34	2,68	3,87	4,48	2,11	3,30	0,09	-	74,40	-
Nd	9,35	7,42	11,9	14,59	6,15	9,88	0,46	-	48,78	-
Sm	2,25	1,84	4,79	6,69	3,59	3,83	0,15	9,0	30,11	0,43
Eu	0,41	0,33	0,41	0,52	0,29	0,39	0,06	-	7,67	-
Gd	2,19	1,91	2,85	3,38	1,85	2,44	0,21	-	20,52	-
Tb	0,39	0,32	0,49	0,59	0,28	0,41	0,04	-	19,05	-
Dy	2,42	1,92	2,88	3,68	1,73	2,53	0,25	-	18,41	-
Ho	0,53	0,39	0,63	0,77	0,35	0,53	0,06	-	16,23	-
Er	1,54	1,14	1,64	1,92	1,05	1,46	0,17	-	17,59	-
Tm	0,23	0,17	0,28	0,35	0,15	0,24	0,03	-	16,20	-
Yb	1,01	0,83	1,29	1,65	0,87	1,13	0,17	80,0	21,39	0,01
Lu	0,20	0,15	0,28	0,33	0,17	0,23	0,03	-	15,40	-
La/Lu	94,55	102,00	59,64	73,09	85,18	82,89	8,00	-	-	-
Eu/Eu*	0,18	0,18	0,14	0,14	0,17	0,16	-	-	-	-
La/Yb	18,72	18,43	12,95	14,62	16,64	16,30	2,78	-	-	-
Th/U	4,51	1,54	1,89	2,62	3,02	2,72	-	-	-	-
Y/Nb	3,18	4,20	1,28	2,23	3,94	2,97	-	-	-	-

Примечание. Содержания элементов получены с помощью ICP- MS метода в Институте геологии и геохимии УрО РАН (г. Екатеринбург, аналитик Ю. Л. Ронкин).

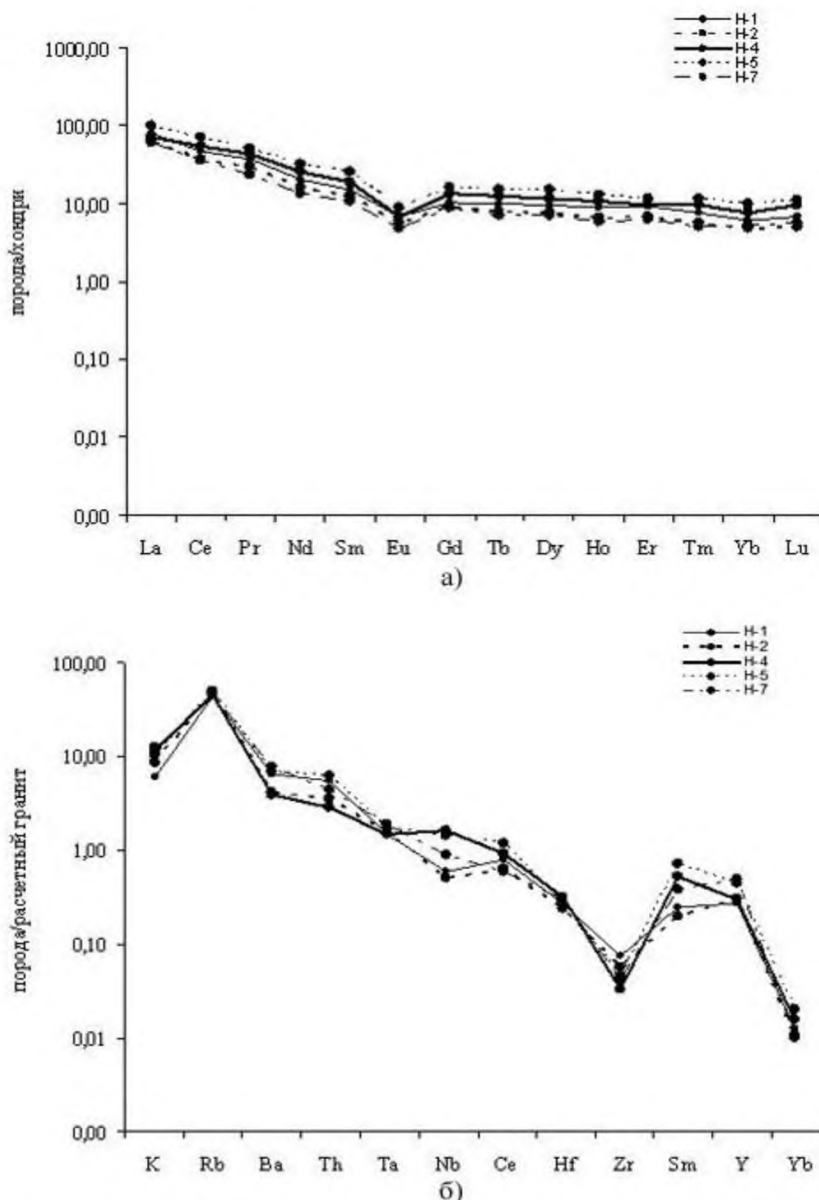


Рис. 2. Содержания редких и редкоземельных элементов в гранито-гнейсах Николайшорского массива, нормализованных относительно: а) хондрита по Сан, б) плагиогранита COX.

Fig. 2. The contents of rare and rare-earth elements in the granite-gneisses of the Nikolaishor massif, normalized relative to: a) chondrite according to Sun, б) plagiogranite COX.

можно назвать коровыми, так как все полученные индикаторные отношения Y/Nb выполняют неравенство $Y/Nb > 1,2$ [16].

Для определения степени насыщения редкими и редкоземельными элементами гранито-гнейсов Николайшорского массива была проведена нормализация содержаний элементов относительно хондрита по Сан (рис. 2, а) и по гипотетическому плагиограниту COX (рис. 2, б) [17].

Граниты обогащены легкими редкоземельными элементами в 7 – 115 раз относительно хондрита, причем наиболее сильно увеличены содержания La, Ce, Pr. Содержание тяжелых элементов превышает хондритовый стандарт в 15 – 21 раз. Наиболее сильное повышение отмечается у Gd, Tb, Yb. Нормированный по плагиограниту COX состав рассеянных элементов на спайдерграмме показы-

вает, что изученные породы обогащены крупноионными элементами (Rb, Ba), а также высокочargedным элементом – Nb. Отмечаемая на этом графике циркониевая аномалия может указывать на присутствие какой-то доли акцессорного циркона в источнике расплава.

Геодинамическая обстановка образования пород Николайшорского массива

Особенности геодинамических условий образования гранито-гнейсов Николайшорского массива были определены с помощью дискриминационных диаграмм Дж. А. Пирса [18], Д. Папу [19], Н. Б. Харриса [20] и мультивариативного дискриминантного анализа по главным элементам С. Агравала [21]. Сравнение спайдерграмм Дж. А. Пирса усредненных нормализованных составов для гранитов, сформированных при различных геодинамических обстановках, с полученным ранее графиком (рис. 2, б) показывает, что николайшорские гранито-гнейсы по распределению редких и редкоземельных элементов близки к синколлизийным и постколлизийным гранитам (рис. 3).

Изучение распределения точек составов рассмотренных пород на диаграммах Дж. А. Пирса (рис. 4) не дает однозначного ответа. Рассмотренные породы попадают и в поле синколлизийных гранитов, и в поле островодужных гранитов. Только график Rb-Ta+Y четко указывает на принадлежность николайшорских гранито-гнейсов к синколлизийным гранитам. Диаграмма Д. Папу (см.

рис. 5.) относит рассмотренные граниты к островодужным и коллизийным гранитоидам.

Данные спайдерграммы Дж. А. Пирса подтверждаются диаграммой Н. Б. Харриса, на которой тоже отмечается граничное положение точек составов гранитов Николайшорского массива, что позволяет относить рассматриваемые породы к синколлизийным и постколлизийным гранитам (см. рис. 6). Все представленные диаграммы в сумме указывают, что геодинамическая обстановка формирования гранито-гнейсов, вероятнее всего, была коллизийной.

Рассмотренные диаграммы дают неоднозначный ответ по геодинамической обстановке формирования гранито-гнейсов Николайшорского массива. Вероятно, это является результатом воздейст-

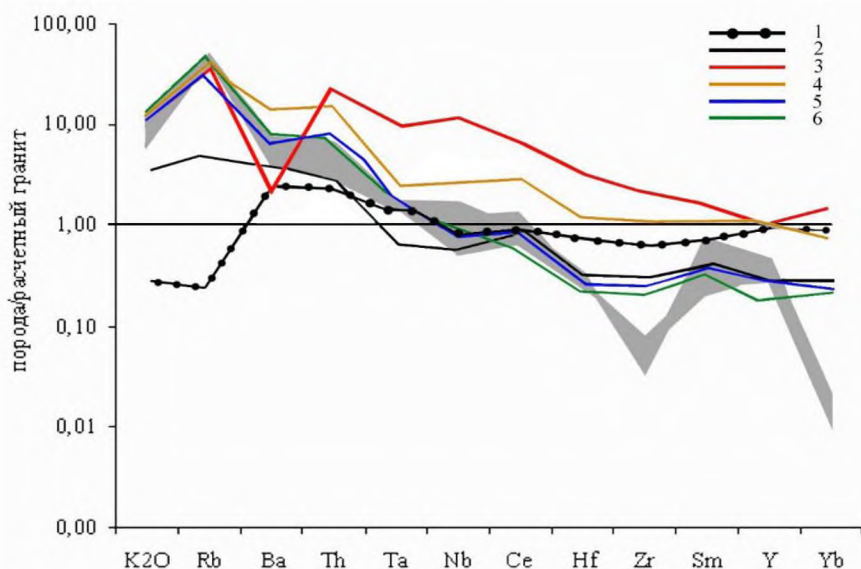


Рис. 3. Сравнение нормированной диаграммы (рис. 2, 6) с характеристической диаграммой по Дж. А. Пирсу. 1 – граниты океанического хребта; 2 – граниты вулканических дуг; 3 – внутриплитовые граниты; 4 – внутриплитовые граниты (ослабленная континентальная литосфера); 5 – синколлизийные граниты; 6 – постколлизийные граниты.

Fig. 3. Comparison of the normalized diagram (Fig. 2, 6) with the characteristic diagram according to J.A. Pearce. 1 – oceanic ridge granites; 2 – volcanic arc granites; 3 – intraplate granites; 4 – intraplate granites (weakened continental lithosphere); 5 – syncollisional granites; 6 – postcollisional granites.

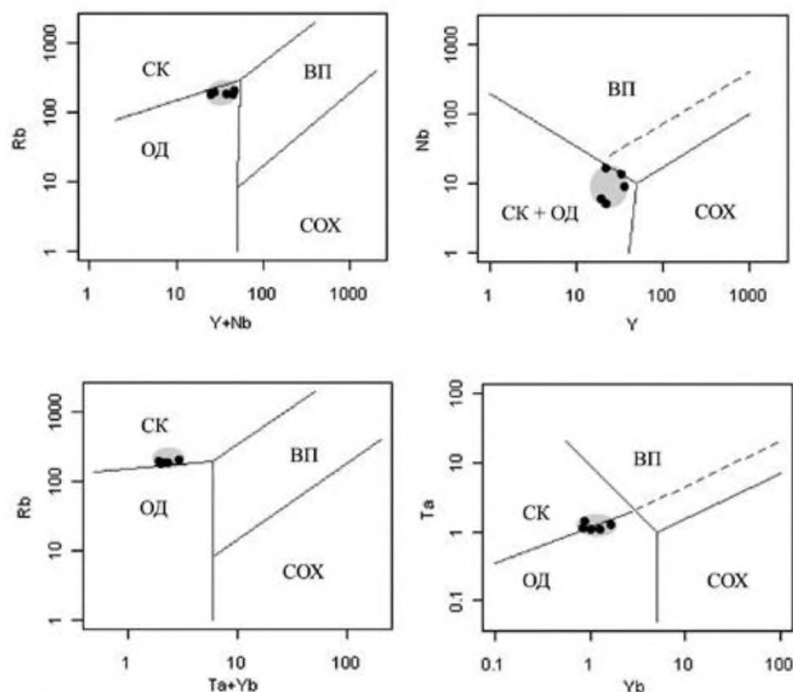


Рис. 4. Характеристические диаграммы Дж. А. Пирса для пород Николайшорского массива. Поля на диаграмме: СК – синколлизийные граниты, ВП – внутриплитовые граниты, ОД – островодужные граниты, СОХ – граниты срединно-океанических хребтов.

Fig. 4. Characteristic diagrams of J.A. Pearce for rocks of the Nikolaishor massif. Fields in the diagram: CK – syncollisional granites; ВП – intraplate granites, ОД – island-arc granites, СОХ – granites of mid-ocean ridges.

вия наложенных процессов, которые могли способствовать частичной потере того или иного индикаторного элемента, используемого в примененных выше диагностических диаграммах. Вследствие чего

для окончательного уточнения геодинамических условий формирования изученной породы автором был использован мультивариативный анализ по главным элементам С. Агравала (см. табл. 3). Проведенные расчеты по методу С. Агравала показали, что исследованные граниты принадлежат к типу орогенных образований (для всех рассмотренных проб параметр $R_1 > 0$). При этом дальнейшее изучение главных элементов четко указывает ($R_2 > 0$), что породы Николайшорского массива образованы в позднеорогенное время и представляют собой синколлизийные граниты.

Заключение

При изучении пород Николайшорского массива выявлено, что его строение неоднородно и представлено двумя разновидностями: плагиогранитами и калишпатовыми гранитами. Граниты, названные А.М. Пыстиным гранито-гнейсами за их преимущественно гнейсовидный облик, пространственно связаны с первой вариацией породы. Поскольку гранито-гнейсы являются наименее измененными образованиями в пределах рассматриваемого массива, поэтому они были выбраны автором для петрографического и петрохимического исследований, а также выявления геодинамических условий формирования Николайшорского массива.

Анализ основных петрогенных элементов позволил установить, что гранито-гнейсы представляют собой высокоглиноземистые лейкограниты калиево-натриевого типа (SiO_2 – в среднем 75,61 мас. %, $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ – в среднем 7,88 мас. %, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ – в среднем 1,26, $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MgO})$ – в среднем 0,60). Особенности распределения редких и редкоземельных элементов в этих породах указывают на формирование гранитов из глубинных коровых расплавов ($\text{Y}/\text{Nb} > 1,2$), обогащенных преимущественно легкими редкоземель-

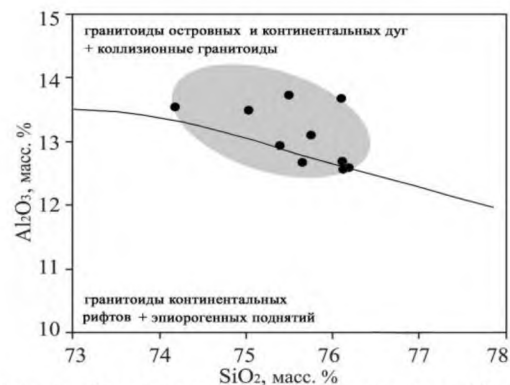


Рис. 5. Диаграмма Д. Папу для пород Николайшорского массива.

Fig. 5. D.Papu diagram for rocks of the Nikolaishor massif.

ными элементами (La/Lu – в среднем 60,11). Кроме того, для этих гранито-гнейсов характерно сильное влияние метасоматических процессов (Th/U – в среднем 2,72). Проведенная нормализация содержаний TR элементов относительно хондрита по Сан подтверждает сильную концентрацию легких редкоземельных элементов в гранито-гнейсах, особенно La, Ce, Pr. Нормирование по плагиограниту COX выявило при этом насыщенность породы Rb и Ba.

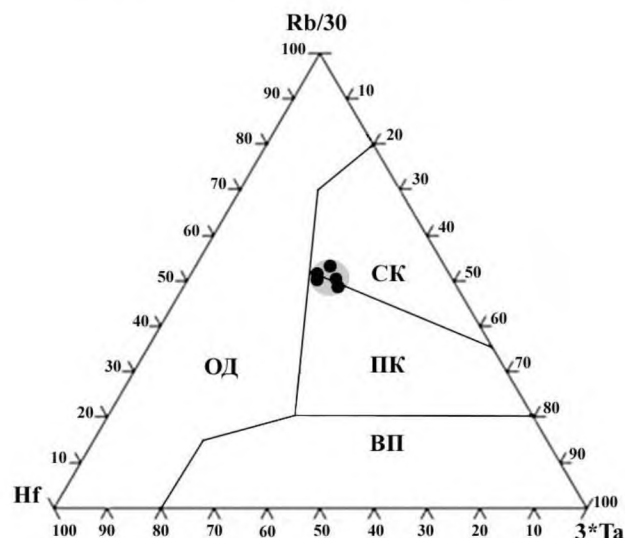


Рис. 6. Диаграмма Н.Б. Харриса для пород Николайшорского массива.

Поля на диаграмме: СК – синколлизонные граниты; ВП – внутриплитовые граниты; ОД – островодужные граниты; ПК – постколлизонные граниты.

Fig. 6. N.B.Harris diagram for rocks of the Nikolaishor massif.

Fields in the diagram: СК – syncollisional granites; ВП – intraplate granites, ОД – island-arc granites, ПК – postcollisional granites.

Таблица 3

Численный метод разделения гранито-гнейсов Николайшорского массива

Table 3

Numerical method of separation of granite-gneisses of the Nikolaishor massif

Окислы	Номер пробы										Среднее
	Н-1	Н-2	Н-3	Н-4	Н-5	Н-6	Н-7	Н-8	Н-9	Н-10	
Al ₂ O ₃	13.53	13.72	13.48	13.67	12.57	13.01	13.14	12.58	12.86	13.88	13.24
Fe ₂ O ₃	1.65	1.21	1.43	0.48	0.42	1.05	0.75	0.61	0.81	0.94	0.94
MgO	0.05	0.3	0.24	0.35	0.18	0.17	0.42	0.29	0.39	0.41	0.28
Na ₂ O	4.28	3.84	3.75	3.11	3.28	3.48	3.33	4.29	3.02	3.11	3.55
K ₂ O	2.53	3.53	3.83	4.89	4.31	4.78	5.14	3.79	5.29	5.18	4.33
D ₁	-1.81	-2.14	-1.52	-2.14	-2.28	-0.82	-1.48	-1.79	-1.54	-1.50	-
R ₁	2.69	3.12	2.32	3.11	3.29	1.43	2.26	2.66	2.34	2.29	2.55
D ₂	-2.64	-2.25	-1.52	-1.83	-1.59	-0.24	-0.25	-0.33	-0.32	-1.14	-
R ₂	2.26	1.90	1.20	1.50	1.27	0.01	0.02	0.09	0.08	0.85	0.92

Для оценки геодинамических условий образования гранито-гнейсов Николайшорского массива был использован ряд характеристических диаграмм Дж. А. Пирса, Д. Папу, Н. Б. Харриса. Однако в силу особенностей составления этих диаграмм, вывод по характеру геодинамической обстановки формирования изученных пород получился неоднозначный. Согласно Дж. А. Пирсу и Д. Папу, николлайшорские гранито-гнейсы относятся как к синколлизонным, так и к островодужным гранитам. Диаграмма Н. Б. Харриса причисляет эти породы к синколлизонным и постколлизонным гранитам. Полученные расчеты лишь косвенно указывают на коллизонный характер геодинамической обстановки образования гранитов. Этот предварительный вывод полностью был подтвержден мультивариативным дискриминантным анализом по главным элементам С. Агравала, согласно которому породы Николайшорского массива представляют собой синколлизонные граниты, сформированные в позднеорогенное время.

Литература

1. Махлаев Л.В. Гранитоиды севера Центрально-Уральского поднятия (Полярный и Приполярный Урал). Екатеринбург: УрО РАН, 1996. 189 с.
2. Фишман М.В., Голдин Б.А. Гранитоиды центральной части Приполярного Урала. М.-Л.: АН СССР, 1963. 105 с.
3. Пыстин А. М. Полиморфические комплексы западного склона Урала. СПб.: Наука, 1994. 208 с.
4. Пыстин А.М., Пыстина Ю.И. Новые данные о возрасте гранитоидов Приполярного Урала в связи с проблемой выделения Кожимской среднерифейской гранит-риолитовой формации // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2011. Вып. 4 (8). С. 73–78.
5. Пыстин А.М., Пыстина Ю.И. Метаморфизм и гранитообразование в протерозойско-раннепалеозойской истории формирования

- Приполярноуральского сегмента земной коры // Литосфера. 2008. № 11. С. 25 – 38.
6. *Фишман М.В., Юшкин Н.П., Голдин Б.А., Калинин Е. П.* Основные черты магматизма и метаморфизма в центральной части Приполярного и Полярного Урала // Геохимия, минералогия и петрография севера Урала и Тимана. Сыктывкар, 1969. С. 7 – 25.
 7. *Ефремова С.В., Стафеев К.Г.* Петрохимические методы исследования горных пород. М.: Недра, 1985. 512 с.
 8. *Денисова Ю.В.* Петрохимия гранитов Яротского массива (Приполярный Урал): новые данные // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2020. № 1(41). С. 80–87. DOI: [10.19110/1994-5655-2020-1-80-87](https://doi.org/10.19110/1994-5655-2020-1-80-87).
 9. *Удоратина О.В., Кобл М.А., Шуйский А.С., Капитанова В.А.* Гранитоиды няртинского блока (Приполярный Урал): новые данные // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2019. № 9. С. 23 – 32. DOI: [10.19110/2221-1381-2019-9-23-32](https://doi.org/10.19110/2221-1381-2019-9-23-32).
 10. *Chappel B.W., Whitte A. J.R.* Two contrasting granite types // *Pacif. Geol.* 1974. Vol. 8. P. 173 – 174.
 11. *Кузнецов Н.Б., Соболева А.А., Удоратина О.В., Герцева М.В.* Доордовикские гранитоиды Тимано-Уральского региона и эволюция протоуралид – тиманид. Сыктывкар: Геопринт, 2005. 100 с.
 12. *Скляров Е.В., Гладкочуб Д.П., Донская Т.В. и др.* Интерпретация геохимических данных. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.
 13. *Балашов Ю.А.* Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука, 1976. 267 с.
 14. *Гусев А.И.* Постколлизийные и орогенные гранитоиды Алтая. М.: Академия Естествознания, 2013. 142 с.
 15. *Cullers R.L., Medaris L.G., Haskin L.A.* Experimental studies of the distribution of rare earths as trace elements among silicate minerals and liquids and water // *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1973. Vol. 37. P. 1499 – 1512.
 16. *Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М.* Континентальная кора: её состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.
 17. *Sun S.S.* Chemical composition and origin of the Earth's primitive mantle // *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1982. Vol. 46. P. 179 – 192.
 18. *Pearce J.A., Harris V.B.W., Tindle A.G.* Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks // *J. Petrol.* 1984. Vol. 25. P. 956 – 983.
 19. *Papu D., Piccoli M., Piccoli P.* Tectonic discrimination of granitoids // *Bull. Geol. Soc. Amer.* 1989. Vol. 101. P. 635 – 643.
 20. *Harris N.B., Pearce J.A., Tindle A.G.* Geochemical characteristics of collision-zone magmatism // *Geol. Soc. Sp. Publ.* 1986. Vol. 19. P. 67 – 81.
 21. *Agrawal S., Guevara M., Verma S.* Discriminant analysis applied to establish major-element field boundaries for tectonic varieties of basic rocks // *J. Geology.* 2004. Vol. 46. P. 575–594. DOI: [10.2747/0020-6814.46.7.575](https://doi.org/10.2747/0020-6814.46.7.575)
- ### References
1. *Makhlaev L.V.* Granitoidy severa Central'no-Ural'skogo podnyatiya (Polyarnyj i Pripolyarnyj Ural) [Granitoids of the north of the Central Ural uplift (Polar and SubPolar Urals)]. Ekaterinburg: Ural Branch, RAS, 1996. 189 p.
 2. *Fishman M.V., Goldin B.A.* Granitoidy central'noj chasti Pripolyarnogo Urala [Granitoids of the central part of the SubPolar Urals]. Moscow-Leningrad: USSR Ac. Sci., 1963. 105 p.
 3. *Pystin A.M.* Polimorficheskie komplekсы zapadnogo sklona Urala [Polymorphic complexes of the western slope of the Urals]. St.Petersburg: Nauka, 1994. 208 p.
 4. *Pystin A.M., Pystina Yu.I.* Novye dannye o vozraste granitoidov Pripolyarnogo Urala v svyazi s problemoj vydelenii kozhimskoj srednerifejskoj granit-riolitovoj formacii [New data on the age of granitoids of the SubPolar Urals in connection with the problem of isolation of the Kozhim Mid-Riphean granite-rhyolite formation] // *Proc. of Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS.* 2011. Issue 4 (8). P. 73–78.
 5. *Pystin A.M., Pystina Yu.I.* Metamorfizm i granitoobrazovanie v proterozojsko-rannepaleozojskoj istorii formirovaniya Pripolyarnoural'skogo segmenta zemnoj kory [Metamorphism and granite formation in the Proterozoic-Early Paleozoic history of the formation of the SubPolar-Ural segment of the Earth's crust] // *Lithosphere.* 2008. № 11. P. 25–38.
 6. *Fishman M.V., Yushkin N.P., Goldin B.A., Kalinin E.P.* Osnovnye cherty magmatizma i metamorfizma v central'noj chasti Pripolyarnogo i Polyarnogo Urala // *Geohimiya, mineralogiya i petrografiya severa Urala i Timmana* [The main features of magmatism and metamorphism in the central part of the SubPolar and Polar Urals // *Geochemistry, mineralogy, and petrography of the Northern Urals and Timan*]. Syktyvkar, 1969. P. 7–25.
 7. *Efremova S.V., Stafeev K.G.* Petrohimicheskie metody issledovaniya gornyh porod [Petrochemical methods of rock research]. Moscow: Nedra, 1985. 512 p.
 8. *Denisova Yu.V.* Petrohimiya granitov Yarotskogo massiva (Pripolyarnyj Ural): novye dannye [Petrochemistry of granites of the Yarot massif (SubPolar Urals): new data] // *Proc. of Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS.* 2020. № 1(41). P. 80–87. DOI: [10.19110/1994-5655-2020-1-80-87](https://doi.org/10.19110/1994-5655-2020-1-80-87).
 9. *Udoratina O.V., Kobl M.A., Shuisky A.S., Kapitanova V.A.* Granitoidy nyartinskogo bloka (Pripolyarnyj Ural): novye dannye [Granitoids of the Nyarta block (SubPolar Urals): new data] // *Bull. of Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS.* 2019. № 9. P. 23–32. DOI: [10.19110/2221-1381-2019-9-23-32](https://doi.org/10.19110/2221-1381-2019-9-23-32)
 10. *Chappel B.W., Whitte A.J.R.* Two contrasting granite types // *Pacif. Geol.* 1974. Vol. 8. P. 173 –174.

11. *Kuznetsov N.B., Soboleva A.A., Udoratina O.V., Gertseva M.V.* Doordovikskie granitoidy Timano- Ural'skogo regiona i ehvolyuciya protiuralid – timanid [Preordovician granitoids of the Timan-Urals region and the evolution of protiuralid-timanids]. Syktyvkar: Geoprint, 2005. 100 p.
12. *Sklyarov E.V., Gladkochub D.P., Donskaya T.V. et al.* Interpretaciya geohimicheskikh dannyh [Interpretation of geochemical data]. Moscow: Intermet Inzhiniring, 2001. 288 p.
13. *Balashov Yu.A.* Geohimiya redkozemel'nyh elementov [Geochemistry of rare earth elements]. Moscow: Nauka, 1976. 267 p.
14. *Gusev A.I.* Postkollizionnye i orogennyye granitoidy Altaya [Post-collisional and orogenic granitoids of Altai]. Moscow: Academy of Natural Sciences, 2013. 142 p.
15. *Cullers R.L., Medaris L.G., Haskin L.A.* Experimental studies of the distribution of rare earths as trace elements among silicate minerals and liquids and water // *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1973. Vol. 37. P. 1499–1512.
16. *Teilor S.R., Mc-Lennan S.M.* Kontinental'naya kora: eyo sostav i evolyuciya [Continental crust: its composition and evolution]. Moscow: MIR, 1988. 384 p.
17. *Sun S.S.* Chemical composition and origin of the Earth's primitive mantle // *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1982. Vol. 46. P. 179–192.
18. *Pearce J.A., Harris V.B.W., Tindle A.G.* Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks // *J. Petrol.* 1984. Vol. 25. P. 956–983.
19. *Papu D., Piccoli M., Piccoli P.* Tectonic discrimination of granitoids // *Bull. 396. Geol. Soc. Amer.* 1989. Vol. 101. P. 635–643.
20. *Harris N.B., Pearce J.A., Tindle A.G.* Geochemical characteristics of collision-zone magmatism // *Geol. Soc. Sp. Publ.* 1986. Vol. 19. P. 67–81.
21. *Agrawal S., Guevara M., Verma S.* Discriminant analysis applied to establish major-element field boundaries for tectonic varieties of basic rocks // *J. Geology.* 2004. Vol. 46. P. 575–594. DOI: 10.2747/0020-6814.46.7.575

Статья поступила в редакцию 11.03.2021

УДК 551.733.3/552.1 (470.13)
DOI 10.19110/1994-5655-2021-3-41-48

**И.М. ДАНЬЩИКОВА*, Т.В. МАЙДЛЬ*,
А.В. ЖУРАВЛЕВ*, В.С. НИКИФОРОВА****

СИЛУРИЙСКИЕ КАРБОНАТНЫЕ ПОРОДЫ- КОЛЛЕКТОРА ЗОНЫ СОЧЛЕНЕНИЯ ХОРЕЙВЕРСКОЙ ВПАДИНЫ И ГРЯДЫ ЧЕРНЫШЕВА

**Институт геологии им. акад. Н. П. Юшкина
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар*

***Санкт-Петербургский горный университет
(СПГУ), г. Санкт-Петербург*

*iidanshikova@geo.komisc.ru,
maydl@geo.komisc.ru,
micropalaeontology@gmail.com*

**I.I.DANSHCHIKOVA*, T.V.MAIDL*,
A.V.ZHURAVLEV*, V.S.NIKIFOROVA****

SILURIAN CARBONATE RESERVOIR ROCKS OF THE JOINT ZONE OF THE KHOREYVER DEPRESSION AND THE CHERNYSHEV RIDGE

**N.P.Yushkin Institute of Geology, Federal
Research Centre Komi Science Centre,
Ural Branch, RAS, Syktvkar*

***St.Petersburg Mining University,
St.Petersburg*

Аннотация

Проведено комплексное изучение низкоёмких силурийских карбонатных коллекторов северо-восточных районов Тимано-Печорской провинции. В результате исследований отмечено, что наилучшими фильтрационными свойствами в нижнем силуре обладают доломиты с теневой биогермной структурой, в верхнем силуре – известняки биокластовые. Наилучшими фильтрационно-емкостными свойствами обладают породы-коллектора восточного борта гряды Чернышева. Полученные результаты могут способствовать проектированию рациональной системы разработки залежей углеводородов.

Ключевые слова:

перспективные зоны, нефтегазоносность, коллектор, скважина, карбонатные породы, силур

Abstract

The paper presents a comprehensive study of low-capacity Silurian carbonate reservoir rocks in the northeastern regions of the Timan-Pechora province. Silurian deposits in the sections of the Khosedayu swell, the Talbey block, and the Makarikha-Salyukin anticlinal zone are mainly secondary dolomites and, to a lesser extent, limestones, as well as with low-power interlayers of agrillites, clay dolomites, dolomite-anhydrite rocks. The deposits were formed in coastal-marine and shallow-marine conditions. As a result of the conducted studies, it was noted that dolomites with a shadow biohermal structure have the best filtration properties in the Lower Silurian, and bioclastic limestones – in the Upper Silurian. The reservoir rocks of the Talbey block of the Chernyshev ridge have the best filtration-capacitive properties. The main volume of the void space in the first case is associated with cavities and cracks, in the second one – with matrix porosity. However, the signs of modern karst in the salts of Malo-Tavrotinsky strata observed from the core indicate a possible reformation of the deposits, which requires more careful attention when predicting deposits. The results obtained can contribute to the design of a rational system for the development of hydrocarbon deposits.

Keywords: *promising zones, oil and gas content, reservoir rock, well, carbonate rocks, Silurian*

Введение

В последние годы на северо-востоке в Тимано-Печорской провинции сокращается число разведочных объектов, снижается нефтедобыча из традиционных крупных месторождений. Новые перспективные участки относятся к резервуарам со

сложным геологическим строением и высокой неоднородностью фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов, обусловленной изменчивостью фациальных обстановок и влиянием эпигенетических преобразований [1–3]. При их разработке и освоении часто используют упрощенный подход, основанный на представлении о резервуаре как однородном геологическом объекте. Это приводит к неверному выбору системы разработки и некачественному опробованию скважин и, как следствие, происходит их ликвидация в связи непродуктивностью либо аварийностью.

Изучение многообразия процессов и факторов, определивших архитектуру резервуаров и распространение в них коллекторов с определенными фильтрационно-емкостными свойствами, требует от исследователей привлечения всего комплекса геолого-геофизической информации, включая данные исследований керна, каротажа, сведения сейсморазведки и промысловую информацию. Однако, несмотря на значительные успехи физических методов, ведущую роль при их геологической интерпретации и построения когерентных моделей коллектора или резервуара продолжают играть литологические методы исследования. Этот метод является одним из дешевых и более подробных при изучении условий образования карбонатных пород, морфологии пустотного пространства пород-коллекторов и оценки влияния вторичных процессов на фильтрационно-емкостные свойства. Выявление закономерностей пространственной литолого-петрографической неоднородности способствует прогнозу распространения пород-коллекторов по площади и разрезу, обнаружению новых объектов для поискового бурения и оптимизации геологоразведочных работ.

Объект исследований

Объектом исследования послужили силурийские отложения центральной части гряды Чернышева и юго-восточного борта Хорейверской впадины (см. рис. 1).

В соответствии с тектоническим районированием [5] гряда Чернышева является структурой первого порядка в Предуральском краевом прогибе. Гряда представляет собой крупную сложнопостроенную чешуйчато-надвиговую структуру, которая протягивается вдоль западной границы Косью-Роговской впадины более чем на 400 км при максимальной ширине до 40 км в средней ее части. Изученные скважины располагаются на *Хоседаюском валу* и на *Тальбейском блоке*.

Хоседаюский вал является внешней зоной поднятия Чернышева и представляет собой ряд антиклинальных кулисообразно расположенных складок северо-восточного простирания. Складки осложнены разрывными нарушениями, параллельными их осям, типа взбросо-надвиг, захватывающими отложения ордовика-триаса, разделяющими структуру на аллохтонную и автохтонную части. Сместитель нарушения падает на юго-восток под крутым углом в верхней части разреза палеозойских отложений и постепенно выполаживается с глубиной, возможно, трансформируясь в послойные срывы по отложениям ордовика.

Тальбейский блок представлен интенсивно дислоцированной толщей палеозойских (выше малотавротинского горизонта верхнего ордовика) и триасовых образований. Протяженность его составляет 85 км при ширине в центральной части до 25 км.

Хорейверская впадина представляет собой тектоническую структуру I порядка, входящей в состав Печорской синеклизы [6]. *Макариха-Салюкинская антиклинальная зона* расположена на юго-восточном борту Хорейверской впадины и в отличие от других структур характеризуется более линейной формой и большой амплитудой. Она представляет собой вытянутую в субмеридиальном направлении узкую линейную зону, состоящую из двух кулисообразно расположенных валов – Макарихинского и Салюкинского. Строение валов определяет широкое развитие тектонических нарушений, в основном взбросо-надвигового типа. Амплитуда Салюкинского вала составляет 650 м. Северная периклиналь структуры расположена вдоль западной границы участка.

Методы исследований

Изучался керновый материал 11 скважин из Хоседаю-Неруюнской, Усино-Кушшорской, Заостренской, Адакской, Воргамусюрской, Салюкинской, Среднемакарихинской площадей с последовательным отбором керна. Изучение шлифов проводилось в проходящем свете под поляризационным микроскопом марки ПОЛАМ Л-231М. Дополнительно велось изучение структур, морфологии пустотного пространства, вещественного состава при помощи микронзондового анализа на сканирующем электронном микроскопе JSM 6400. Для установления химического состава и количественных соотношений содержания минералов в породе применялся карбонатный анализ на солянокислотной вытяжке. Для определения содержания основных элементов примесей в породах выполнен рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) с использованием энергодисперсионного спектрометра MESA-500 W фирмы NORIBA. Перечисленные методы выполнены на базе ЦКП «Геонаука» в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар).

Рентгеномографическое исследование фильтрационно-емкостных свойств пород проводилось в Казанском (Приволжском) федеральном университете при помощи томографа (КТ) V [tome] XS 240 (GE Phoenix X-ray) (г. Казань) и в Горном институте на микротомографе Skyscan 1174 (г. Санкт-Петербург).

Литолого-фациальная характеристика

Рассмотренный керновый материал свидетельствует о значительном структурном и вещественном разнообразии пород, слагающих силурийский разрез изучаемой территории. Как показывают проведенные исследования, среди отложений преимущественно распространены доломиты, часто подверженные вторичным изменениям, и, в меньшей степени, известняки. В подчиненном количестве отмечаются маломощные прослои аргиллитов, глинистых доломитов, доломит-ангидритовых пород. Наиболее полный разрез силура вскрыт скважинами в центральной части Тальбейского блока

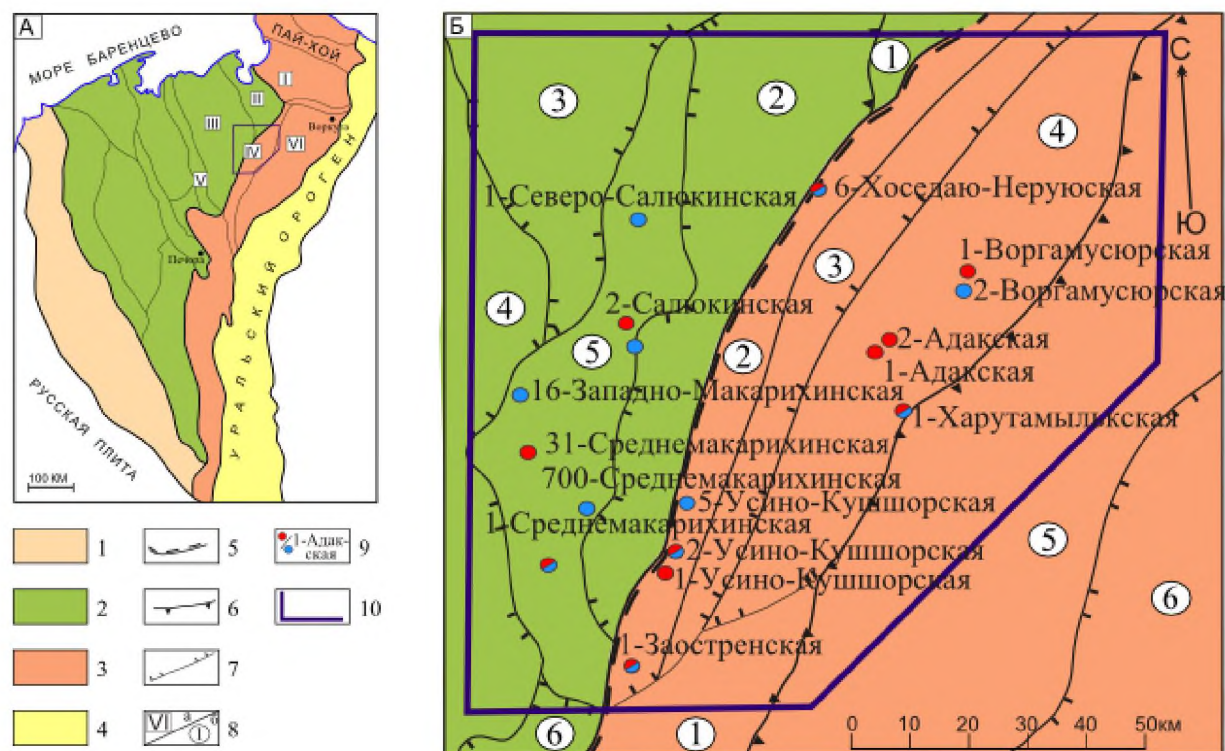


Рис. 1. Тектоническое районирование и геологическая карта района исследований [4].

Условные обозначения: 1 – Тиманская гряда; 2 – Печорская синеклиза; 3 – Предуральский краевой прогиб; 4 – Уральский край; 5–7 – границы структур: 5 – надпорядковых, 6 – первого порядка, 7 – второго порядка; 8 – номера структур: а – первого порядка, б – второго порядка; 9 – номера скважин: красным цветом обозначено исследование кернового материала, синим цветом – опробование воды; 10 – граница района исследований. Структуры первого порядка: I – Коротаихинская впадина; II – Варандей-Адзвинская структурная зона; III – Хорейверская впадина; IV – гряда Чернышева; V – Колвинский мегавал; VI – Косью-Роговская впадина. Структуры второго порядка. Печорская синеклиза: Адзвинская структурная зона: 1 – вал Сорокина. Хорейверская впадина: 2 – Цильгорская депрессия; 3 – Колвависовская ступень; 4 – Сандивейское поднятие; 5 – Макариха-Салюкинская антиклинальная зона; 6 – Сынянырдская котловина. Предуральский краевой прогиб: гряда Чернышева: 1 – Шарью-Заостренский блок; 2 – Хоседаюский вал; 3 – Адзвинская депрессия; 4 – Тальбейский блок. Косью-Роговская впадина: 5 – Кочмеская ступень; 6 – Абезьская депрессия.

Fig. 1. Tectonic zoning and geological map of the research area [4].

Symbols: 1 – Timan ridge; 2 – Pechora syneclyse; 3 – Pre-Ural foredeep; 4 – Ural ridge; 5–7 – boundaries of structures: 5 – superorder, 6 – first order, 7 – second order; 8 – numbers of structures: a – first order, б – second order; 9 – well numbers: red indicates the study of core material, blue – testing of water; 10 – boundary of research area. First order structures: I – Korotaikha depression; II – Varandey-Adzva structural zone; III – Khoreyver depression; IV – Chernyshev ridge; V – Kolva megaridge; VI – Kosyu-Rogov depression. Second order structures. Pechora syneclyse: Adzva structural zone: 1 – Sorokin swell. Khoreyver depression: 2 – Tsilegorsk depression; 3 – Kolvavis stage; 4 – Sandivey uplift; 5 – Makarikha-Salyuk anticline zone; 6 – Synyanryd basin. Pre-Ural regional deflection: Chernyshev ridge: 1 – Sharyu-Zaostrensk block; 2 – Khosedayu swell; 3 – Adzva depression; 4 – Talbey block. Kosyu-Rogov depression: 5 – Kochmes stage; 6 – Abez depression.

гряды Чернышева. Западная же часть гряды и восточный борт Хорейверской впадины характеризуются сокращенными мощностями вследствие предтиманского размыва. Мощность силурийских отложений возрастает с юго-запада на северо-восток от 400 до 600 м (по данным бурения). В пределах Хоседаюского вала, Тальбейского блока Макариха-Салюкинской антиклинальной зоны формировались в прибрежно-морских и мелководно-морские отложения (рис. 2).

Седьельский горизонт (пландовери+венлок) представлен вторичными доломитами и известняками преимущественно отмельных отложений в виде строматопоровых биостромов и ракушников [8]. В верхней части горизонта появляются ламинарные иловые и водорослевые доломиты, формировавшиеся в обстановках закрытого шельфа. Мощность горизонта составляет 300–400 м, увеличиваясь в северо-восточном направлении.

Верхнесилурийские толщи залегают согласно на нижнесилурийских и выделяются в объеме лудловского и пржидольского ярусов. В южной части Хоседаюского вала они частично размывы в предпозднедевонское время. Лудловскому ярусу соответствует гердьюский горизонт. Для него характерно отчетливо циклическое чередование разнообразных известняков и доломитов, мергелей и аргиллитов, отражающее регрессивную направленность развития седиментационного бассейна. В нем представлены лагунные образования и литоральные фации. Среди последних довольно широко распространены отложения отмелей мелкой сублиторали – преимущественно брахиоподовые, остракодковые и пелициподовые ракушечки. Литорально-супралиторальные отложения отчетливо диагностируются по развитию строматолитовых образований, узорчатых доломитов, знаков ряби и крупных тре-



Рис. 2. Модель обстановки осадконакопления силурийских отложений [по: [7], с изменениями].
Fig. 2. Model of the sedimentation situation of Silurian deposits [according to: [7], with changes].

щин усыхания. Частая смена условий осадконакопления в обстановках закрытого шельфа отразилась на развитии фауны, которая имеет крайне бедный родовой и видовой состав. Мощность отложений в пределах рассматриваемого участка составляет от 199 м (скв. 6-Хоседаю-Неруюская) до более 300 м (скв. 1-Адакская).

Пржидольскому ярусу соответствует гребенской горизонт. Литологический состав отложений пржидольского яруса значительно отличается, прежде всего преобладанием различных органических известняков и вторичных доломитов; характерно значительное разнообразие фаунистических остатков. В нижней части разреза широко представлены комковатые глинистые известняки с многочисленной фауной брахиопод и полиморфным биокластическим материалом. В аналогичных известняках и вторичных доломитах верхнего пржидолия присутствуют кораллы, строматопороидеи и мшанки. Пограничные с нижним девоном отложения сильно доломитизированы и выщелочены. В разрезе вновь появляются мергели и аргиллиты, характеризующие заключительную регрессивную фазу развития силурийского морского бассейна. На севере Хоседаю-ского вала гребенской горизонт частично уничтожен

предсреднедевонским размывом и имеет минимальную мощность – 89 м (скв. 6-Хоседаю-Неруюская). В северо-восточном направлении она увеличивается до 120 м (скв. 2-Адакская). Признаки нефтенасыщения в керне верхнесилурийских отложений отмечены во всех изученных скважинах гряды Чернышева. Наличие пластов-коллекторов подтверждается исследованиями керна и промысловой геофизикой [9].

Характеристика пород-коллекторов

Характеристика коллекторских свойств в рассматриваемых силурийских толщах определяется наличием и распределением в них карбонатных пород с различным содержанием и соотношением пустот различного генезиса. На изучаемой территории силурийские породы-коллектора характеризуются в основном низкими фильтрационно-емкостными свойствами (см. таблицу). Средние значения пористости и проницаемости соответственно составляют для Тальбейского блока (Адакская, Воргамусюрская, Харутамыльская площади) 6.16% и $6.4 \times 10^{-15} \text{ м}^2$, Хоседаюского вала (Заостренская, Усино-Кушшорская площади) 3.9% и $6.8 \times 10^{-15} \text{ м}^2$, Макариха-Салюкинской антиклинальной зоны (Среднемака-

**Фильтрационно-емкостные свойства силурийских коллекторов
(по: [9] с изменениями и дополнениями автора)**

**Filtration-capacitive properties of Silurian reservoir rocks
(according to: [9] with changes and additions of the author)**

Площади	Горизонт	Пористость, %			Проницаемость, $1 \times 10^{-15} \text{ м}^2$		
		мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.
Заостренская	верхний силур	1.47	6.44	4.09 (9)	н/п	н/п	н/п
	нижний силур	3.24	—	3.24 (1)	н/п	—	н/п
Усино-Кушшорская	верхний силур	0.2	8.4	2.8 (8)	0.19	—	0.19 (1)
	нижний силур	0.4	10.8	4.9 (18)	0.08	14.9	6.7 (5)
Воргамусюрская	верхний силур	0.3	5.8	2.0 (36)	0.02	223.5	28.5 (16)
	нижний силур	0.3	10.2	3.8 (60)	0.6	17.1	1.2 (29)
Адакская	верхний силур	0.2	11.1	1.7 (97)	0.01	10.4	0.9 (43)
	нижний силур	0.2	19.2	2.4 (102)	0.01	23.3	1.1 (62)
Харутамыльская	верхний силур	0.8	0.9	0.9 (3)	0.06	0.09	0.07 (2)
Среднемакарихинская	нижний силур	7.8	14.2	10.5 (9)	н/п	н/п	н/п
Салюкинская	нижний силур	1.0	10.9	6.4 (8)	16.3	54.06	26.3 (5)

Примечание: н/п – непроницаемые породы, прочерк – нет данных, в скобках указано количество образцов.
Note: н/п – impermeable rocks, dash – no data, number of samples is shown in parentheses.

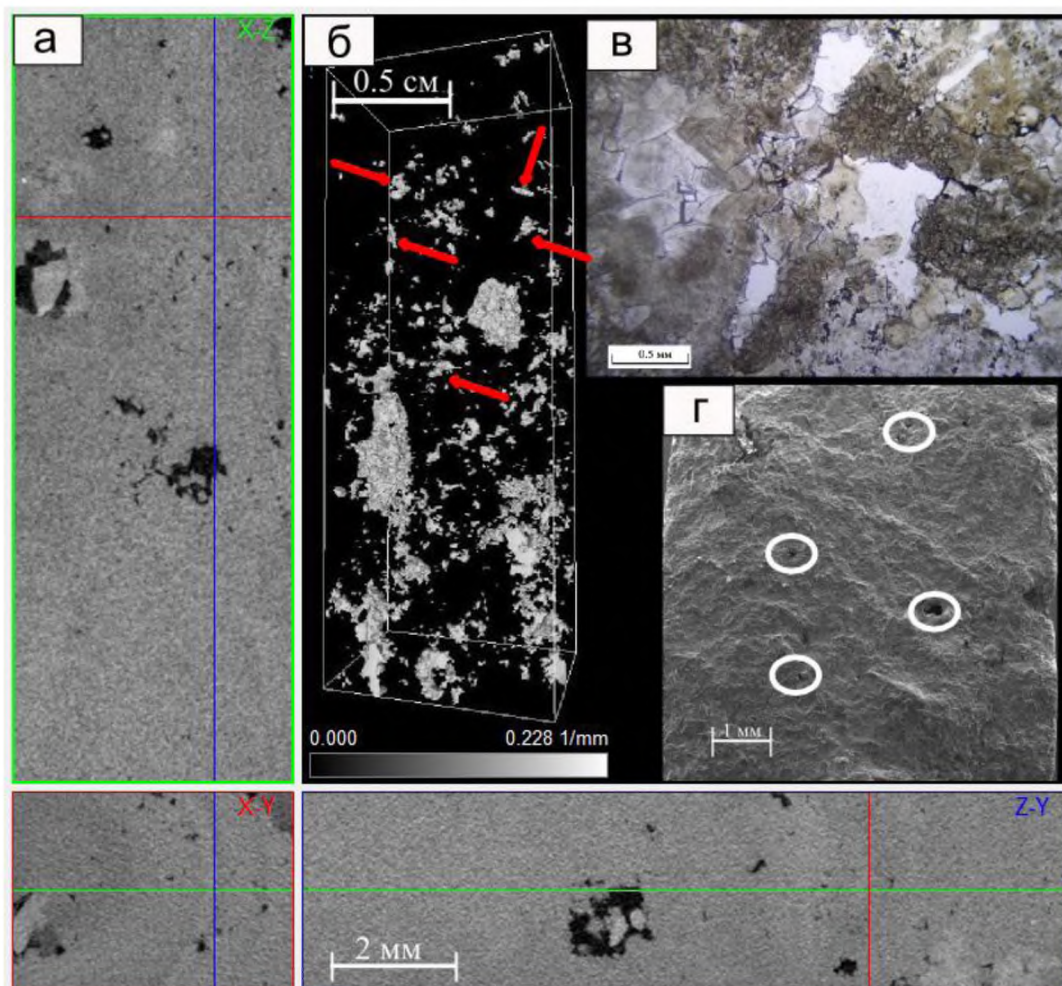


Рис. 3. Каверново-поровый тип коллектора, скв. 1-Адакская, гл. 1088,7 м, седельский горизонт: а – вертикальное томографическое сечение с кавернами выщелачивания; б – распределение изолированных пор выщелачивания на трехмерной модели (показаны стрелками); в, г – кавернозно расширенные поры выщелачивания в шлифе (в) и в растровом снимке (г), пустоты выделены в кружочки.

Fig. 3. Cavern-pore type of reservoir rock, well. 1 – Adakskaya, depth 1088.7 m, Sedyel horizon: а – vertical tomographic section with leaching cavities; б – distribution of isolated leaching pores on a three-dimensional model (shown by arrows); в, г – cavernously expanded leaching pores in the section (в) and in the bitmap (г), voids are shown in circles.

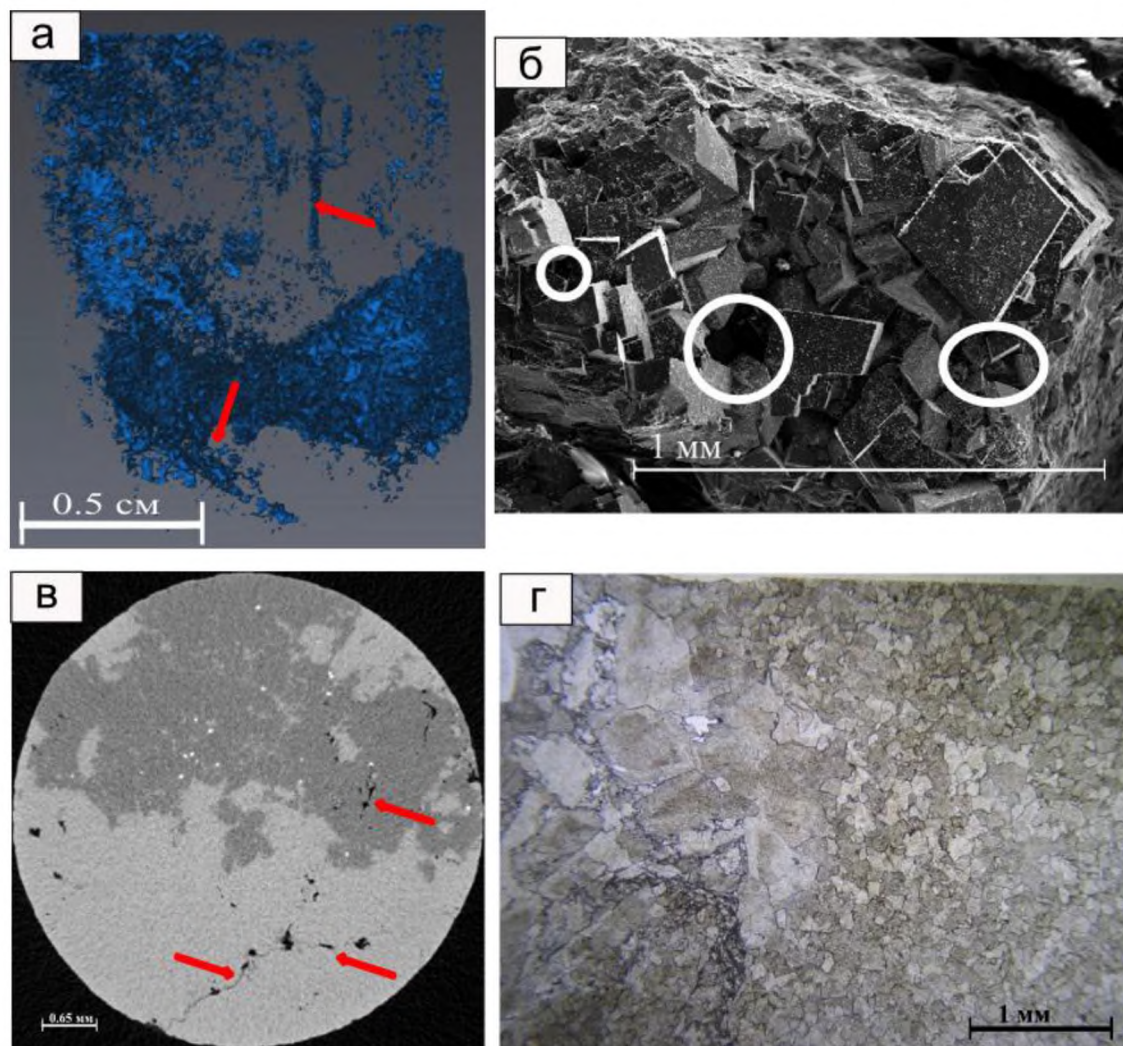


Рис. 4. Каверново-порово-трещинный тип коллектора, скв. 2 – Адакская, гл. 4601 м, седельский горизонт: а – трехмерная модель пустотного пространства (стрелками показаны трещины); б – кристаллы доломита с пустотами выщелачивания (выделены в кружочки); в – горизонтальное томографическое сечение с порами выщелачивания и открытыми трещинами (отмечены стрелками); г – фотография шлифа.
Fig. 4. Cavern-pore-crack type of reservoir rock, well. 2 – Adakskaya, depth 4601 m, Sedyl horizon: a – three-dimensional model of the void space (arrows show cracks); б – dolomite crystals with leaching voids (shown by circles); в – horizontal tomographic section with leaching pores and open cracks (marked by arrows); г – photo of the section.

рихинская, Салюкинская площади) 8.45% и $26.6 \times 10^{-15} \text{ м}^2$. Невысокие значения емкостных свойств пород-коллекторов связаны влиянием вторичных процессов, обусловивших запечатывание первичных пор новообразованными минералами либо приводивших к значительному усложнению строения пустотного пространства.

Для более детальной характеристики матричной пористости был использован метод рентгеновской микротомографии. Как показывают исследования, основное формирование пустотного пространства пород обусловлено сочетанием процессов выщелачивания, доломитизации и часто трещиноватости.

В нижнесилурийских карбонатных породах широко распространены каверново-поровый, каверново-порово-трещинный типы коллекторов. Первый тип чаще всего встречается в скв. 1-Адакская. Пустотное пространство образовано в результате перекристаллизации, доломитизации и выщелачивания.

На трехмерных моделях видно (см. рис. 3), что поры имеют низкую связность между собой, что объясняет низкие значения открытой пористости. По результатам томографических съемок она составляет 0,1–1,7%.

Каверново-порово-трещинный тип коллектора отмечается локально и чаще встречается на Среднемакарихинской, Адакской и Усино-Кушшорской площадях. Данный тип коллектора имеет сложную геометрию пустотного пространства. Пористо-каверновые участки соединены между собой трещинами (рис. 4). Открытая пористость составляет 3.15%.

В нижнем силуре на Среднемакарихинской площади встречается также порово-трещинный тип коллектора, хотя открытые микротрещины в изучаемых отложениях отмечаются редко (рис. 5). Более обычны разнонаправленные закрытые минеральные трещины, выполненные новообразованным кальцитом, доломитом, ангидритом, глинисто-

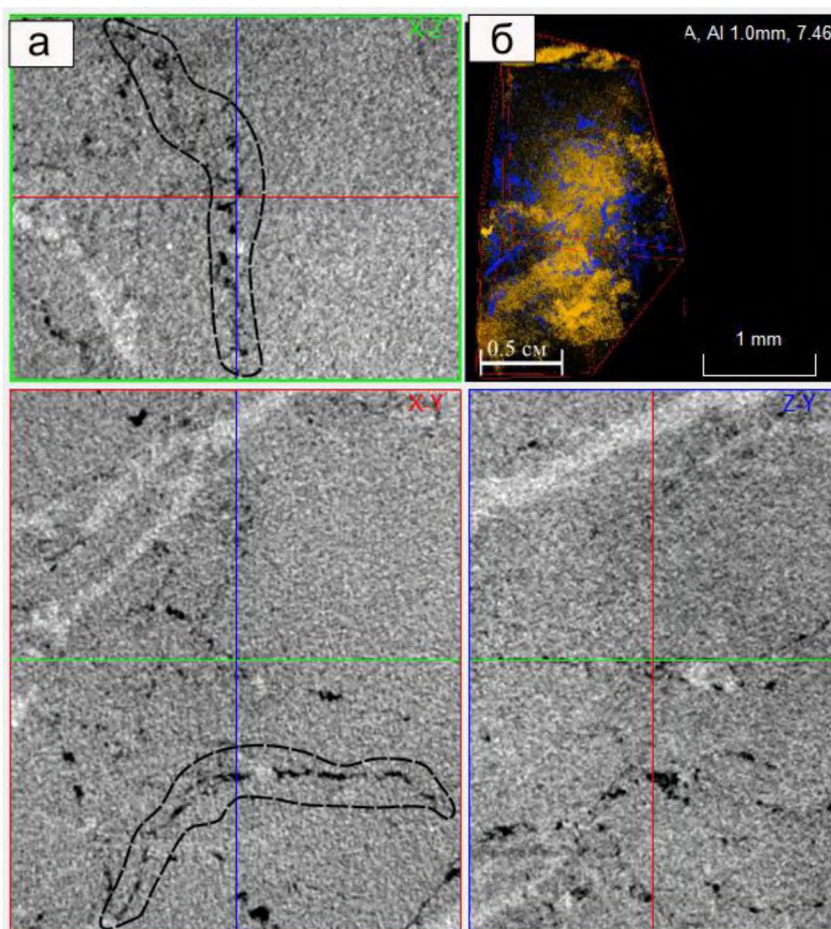


Рис. 5. Трещинный и порово-трещинный тип коллектора, скв. 1 – Среднемакарихинская, гл. 3099 м, седельский горизонт: а – вертикальное томографическое сечение с зиянием трещины до 0,1 мм (выделены пунктиром); б – трехмерная модель пустотного пространства, синим цветом показаны трещины, желтым – кальцит.

Fig. 5. Fractured and pore-fractured type of reservoir rock, well. 1 – Mid-Makarikh, depth 3099 m, Sedyel horizon: a – vertical tomographic section with gaping of cracks up to 0.1 mm (cracks are marked with a dotted line); б – three-dimensional model of the void space, cracks are shown in blue, calcite – in yellow.

битуминозным веществом, реже гипсом. Определенный вклад в формирование коллекторов вносят стилолиты. Для Тальбейского блока данный тип коллектора встречается только в верхнем силуре.

Нужно отметить, что показатели пористости и проницаемости находятся в зависимости от состава пород. Карбонатные породы, подверженные таким вторичным процессам, как сульфатизация, окремнение, кальцитизация, и имеющие большое количество глинистого компонента, обладают очень низкими фильтрационно-емкостными свойствами. Пористость увеличивается в сильно перекристаллизованных выщелоченных вторичных доломитах.

Закключение

Проведенные исследования показывают, что большая часть изученных образцов ядра характеризуется низкими фильтрационно-емкостными свойствами. Средние значения пористости и проницаемости по ядру составляют на Тальбейском блоке 6.16% и $6.4 \times 10^{-15} \text{ м}^2$, на Хоседаюском вале, соответственно 3.9% и $6.8 \times 10^{-15} \text{ м}^2$, на Макариха-Салюкинской антиклинальной зоне 8.45% и $26.6 \times 10^{-15} \text{ м}^2$.

При этом значительную долю в выборке занимают коллекторы с ведущей ролью трещин, меньший объем занимают кавернозные разности, а собственно поровые разности, вероятно, отсутствуют.

С точки зрения перспектив развития коллекторов западные районы гряды Чернышева сопоставимы с районами восточного борта Хорейверской впадины. Однако наблюдаемые по ядру признаки современного карста в солях малотавротинской толщи свидетельствуют о возможном разрушении / переформировании залежей. Открытость Адакской и Воргамусюрской структур отмечалась также в работе К. О. Соборнова с соавторами [10].

Литература

1. Тектонические и геохимические предпосылки нефтегазоносности гряды Чернышева / Б.П. Богданов, В.Б. Ростовщиков, Л.П. Недилук, И.А. Маркова, С.В. Сенин // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2016. Т.11. №2. [Электронный ресурс]. URL: http://www.ngtp.ru/rub/4/18_2016.pdf
2. Перспективы нефтегазоносности центральной части поднятия Чернышева по результатам геологоразведочных работ на Адакской площади / В.Н. Данилов, В.В. Иванов, А.А. Гудельман, А.В. Журавлев, Н.П. Вишератина, Л.В. Огданец, О.Л. Уткина // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2011. Т.6. №2. [Электронный ресурс]. URL: http://www.ngtp.ru/rub/4/21_2011.pdf
3. Даныщикова И.И., Майдль Т.В., Митюшева Т.П. Эпигенетические изменения карбонатных пород и их связь с химическим составом воды в верхнеордовикско-нижнедевонском нефтегазоносном комплексе гряды Чернышева и восточного борта Хорейверской впадины // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2019. Т.14. №4. [Электронный ресурс]. URL: http://www.ngtp.ru/rub/2019/44_2019.html
4. Малышев Н.А. Тектоника, эволюция и нефтегазоносность осадочных бассейнов европейского Севера России. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 271 с.
5. Тектоническая карта Печорской плиты / В.А. Дедеев, В.В. Юдин, В.И. Богацкий и др. Сыктывкар, 1985. 12 с. (Серия препринтов «Научные доклады» / Коми филиал АН СССР; Вып. 142).
6. Султанов В.И. Тектоническое строение Хорейверской впадины (в пределах лицензионного участка, включающего нефтяные место-

рождения им. Г. Федорова и А. Туполева) // Молодой ученый. 2018. № 19 (205). С. 250–251. [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/archive/205/50220/>

7. Жемчугова В.А., Мельников С.В., Данилов В.Н. Нижний палеозой Печорского нефтегазового бассейна (строение, условия образования, нефтегазонасность). М.: Изд-во Академии горных наук, 2001. 110 с.
8. Даныщикова И.И., Майдль Т.В. Условия формирования пород-коллекторов силурийских отложений центральной части гряды Чернышева // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2019. Т.14. №2. [Электронный ресурс]. URL: http://www.ngtp.ru/rub/2019/20_2019.html
9. Данилов В.Н. Гряда Чернышева: геологическое строение и нефтегазонасность. СПб.: Реноме, 2017. 288 с.
10. Соборнов К.О., Колесник В.Ф., Жемчугова В.А., Никонов Н.И. Прогноз зон нефтегазонакопления в зоне сочленения гряды Чернышева и Косью-Роговской впадины // Вести газовой науки. 2018. №3 (35). С. 105–117.

References

1. Tektonicheskie i geokhimicheskie predposylki neftegazonosnosti gryady Chernysheva [Tectonic and geochemical prerequisites for oil and gas potential of the Chernyshev ridge] / B.P. Bogdanov, V.B. Rostovshchikov, L.P. Nedilyuk, I.A. Marakova, S.V. Senin // Oil and gas geology. Theory and practice. 2016. Vol.11. №2. URL: http://www.ngtp.ru/rub/4/18_2016.pdf
2. Perspektivy neftegazonosnosti central'noj chasti podnyatiya Chernysheva po rezul'tatam geologorazvedochnyh rabot na Adakskoj ploshchadi [Prospects of oil and gas potential of the central part of the Chernyshev ridge based on the results of geological exploration work on the Adakskaya square] / V.N. Danilov, V.V. Ivanov, A.A. Gudelman, A.V. Zhuravlev, N.P. Visheratina, L.V. Ogdanets, O.L. Utkina // Oil and gas geology. Theory and practice. 2011. Vol.6. №2. URL: http://www.ngtp.ru/rub/4/21_2011.pdf
3. Danshchikova I.I., Maidl T.V., Mityusheva T.P. Epigeneticheskie izmeneniya karbonatnykh porod i ih svyaz' s himicheskim sostavom vody v verhnjeordoviksko-nizhnedevoevskom neftegazonosnom komplekse gryady Chernysheva i vostochnogo borta Horejverskoj vpadiny [Epigenetic changes in carbonate rocks and their relationship with the chemical composition of water in the Upper Ordovician-Lower Devonian oil and gas complex of the Chernyshev Ridge and the eastern side of the Khoreyver Depression] // Oil and gas geology. Theory and practice. 2019. Vol.14. №4. URL: http://www.ngtp.ru/rub/2019/44_2019.html
4. Malyshev N.A. Tektonika, evolyuciya i neftegazonosnost' osadochnykh bassejnov evropejskogo severa Rossii [Tectonics, evolution and oil and gas content of sedimentary basins of the European North of Russia]. Ekaterinburg: Ural Branch, RAS, 2002. 271 p.
5. Tektonicheskaya karta Pechorskoj plity [Tectonic map of the Pechora plate] / V.A. Dedeev, V.V. Yudin, V.I. Bogatsky et al. Syktyvkar, 1985. 12 p. (Series of preprints "Sci.Reports / Komi Branch, USSR Ac. Sci.; Issue 142).
6. Sultanov V.I. Tektonicheskoe stroenie Horejverskoj vpadiny (v predelakh licenzionnogo uchastka, vklyuchayushchego neftyanye mestorozhdeniya im. G. Fedorova i A. Tupoleva) [Tectonic structure of the Khoreyver depression (within the license area, including the oil fields named after G. Fedorov and A. Tupolev)] // Molodoj uchenyj [Young scientist]. 2018. №19(205). P. 250–251. URL: <https://moluch.ru/archive/205/50220/>
7. Zhemchugova V.A., Melnikov S.V., Danilov V.N. Nizhnij paleozoj Pechorskogo neftegazonosnogo bassejna (stroenie, usloviya obrazovaniya, neftegazonosnost') [The Lower Paleozoic of the Pechora oil and gas basin (structure, formation conditions, oil and gas content)]. Moscow: Mining Academy Publ., 2001. 110 p.
8. Danshchikova I.I., Maidl T.V. Usloviya formirovaniya porod-kollektorov silurijskikh otlozhenij central'noj chasti gryady Chernysheva [Conditions for the formation of reservoir rocks of the Silurian deposits of the central part of the Chernyshev Ridge] // Oil and gas geology. Theory and practice. 2019. Vol.14. №2. URL: http://www.ngtp.ru/rub/2019/20_2019.html
9. Danilov V.N. Gryada Chernysheva: geologicheskoe stroenie i neftegazonosnost' [Chernyshev Ridge: geological structure and oil and gas potential]. St.Petersburg: Renome, 2017. 288 p.
10. Sobornov K.O., Kolesnik V.F., Zhemchugova V.A., Nikonov N.I. Prognoz zon neftegazonakopleniya v zone sochleneniya gryady Chernysheva i Kos'yu-Rogovskoj vpadiny [Forecast of oil and gas accumulation zones in the junction zone of the Chernyshev ridge and the Kosyu-Rogov depression] // Vesti gazovoj nauki [News of gas science]. 2018. №3 (35). P. 105–117.

Статья поступила в редакцию 29.04.2021

УДК 548.6:564.8

DOI 10.19110/1994-5655-2021-3-49-55

В.М. КАТКОВА, Т.М. БЕЗНОСОВА, В.Н. ФИЛИПОВ

ПСЕВДОМОРФООБРАЗОВАНИЕ ПО РАКОВИНАМ СИЛУРИЙСКИХ БРАХИОПОД

*Институт геологии им. акад. Н. П. Юшкина
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар*

*katkova@geo.komisc.ru
beznosova@geo.komisc.ru
filippov@geo.komisc.ru*

V.I. KATKOVA, T.M. BEZNOSOVA, V.N. FILIPPOV

PSEUDO-MORPHOGENESIS IN THE SHELLS OF THE SILURIAN BRACHIOPODS

*N.P.Yushkin Institute of Geology, Federal
Research Centre Komi Science Centre,
Ural Branch, RAS,
Syktyvkar*

Аннотация

Структурными и оптическими методами проведено исследование псевдоморфоз кварца по створкам четырех раковин раннесилурийских брахиопод *Borealis* sp. отряда Pentamerida из карбонатной толщи гряды Чернышева. Окрепление стенки раковин брахиопод привело к полной замене первоначального карбонатного скелета с изменением его структурной организации. Установлено, что основной минеральной составляющей внутрираковинного вещества и вмещающей породы является кварц. В работе обсуждается участие раннепалеозойских и современных цианобактериальных симбионтов в процессах замещения и формирования первичных и новообразованных кристаллических агрегатов кварца на стенках раковин.

Ключевые слова:

псевдоморфозы, брахиоподы, створки, раковины, силур, кварц, минерал, кристалл

Abstract

The analysis of paleontological data, the study of mineral matter transformation involving live organisms in various rocks is important for the understanding of the events of the geological past. The aim of this work is to identify the biogenic factor in the process of pseudomorphogenesis in the shell sashes of the Early Silurian brachiopods from the carbonate rocks of the Chernyshev Ridge. Structural and microscopic methods (Shimadzu XRD 6000; Fourier spectrometer InfraLum FT-02; JSM 6400 JEOL; VEGA3 TESCAN; MIN-8) were used to study quartz pseudomorphoses in the sashes of four shells of the Early Silurian brachiopods *Borealis* sp. of Pentamerida order from the carbonate strata of the Chernyshev Ridge. The salicification of the brachiopod shell walls resulted in the complete replacement of the original carbonate skeleton with a change in its structural organization. It is established that quartz is the main mineral component of the intra-shell material and secondary dolomite crystals and newly formed calcite aggregates. The paper discusses the participation of Early Paleozoic and modern cyanobacterial symbionts in the replacement of primary calcite with quartz and the formation of quartz crystalline aggregates on the shell walls. It is shown that quartz on the surface of shell sashes and in the intra-shell substance of brachiopods has undergone repeated transformations due to the combination of ancient and modern weathering processes.

Keywords:

pseudomorphoses, brachiopods, shell sashes, Silurian, quartz, mineral, crystal

Введение

Процессы фоссилизации нередко приводят к образованию различных типов псевдоморфоз по останкам организмов. Морфологические особенности и установление условий формирования фоссилий всегда привлекали внимание минералогов. Исследование фоссилизированных скелетных организмов актуально не только для палеонтологов и стратиграфов, проводящих реконструкции палеоэкосистем, литологов для изучения геохимической обстановки литификации осадков, но и биоминералогов, исследующих биоминеральные взаимодействия в седиментогенезе. Анализ палеонтологических данных, исследование преобразований минерального вещества с участием живых организмов в различных породах важно для познания событий геологического прошлого. Фоссилизированные структурные элементы и формы биоорганизмов после захоронения становятся составной частью породы и часто подвергаются процессам минерализации или замещения. Однако варианты замещения и роста новообразованных кристаллов в псевдоморфозах остаются недостаточно изученными.

Ранее проведенные исследования показали, что в отложениях нижнего силура на гряде Чернышева встречаются окремененные раковины брахиопод удовлетворительной сохранности [1]. Одними из самых изученных представителей палеозойских морских беспозвоночных в Тимано-Североуральском палеобассейне являются брахиоподы отряда *Pentamerida*: *Virgiana*, *Borealis*, *Pentamerus*. Их раковины состоят из двух неравных створок — брюшной и спинной (педальной и брахиальной). Стенка раковины замковых брахиопод может состоять из одного, двух или трех слоев [2–4]. В работе В.П. Сапельникова [2] приняты следующие наименования слоев раковин пентамерид: внешний пластинчатый, призматический и внутренний пластинчатый. Внешний карбонатный слой считается условно первым после перипостракума, редко сохранившимся на раковинах. У пентамеридин развит призматический слой. Автор отмечает [2], что типы слоев различаются внутри отдельных групп пентамерид. В частности, в брюшных створках у пентамерид развиты два слоя: наружный волокнистый и внутренний призматический, состоящий из кристаллов кальцита, ориентированных перпендикулярно к створкам раковины. Внутрираковинные структурные элементы (септа, зубы, пластины) также состоят из карбоната кальция.

Целью работы является выявление биогенного фактора в процессе псевдоморфообразования по створкам раковин раннесилурийских брахиопод из карбонатных пород гряды Чернышева.

Методы и материалы исследований

Объектами наших исследований послужили брюшные створки раковин, их фрагменты, внутрираковинное вещество четырех раковин брахиопод *Borealis* sp. отряда *Pentamerida*, извлеченных из брахиоподовой банки. Средняя длина створки составляет 2.5 см, а ширина — 2 см. Массовое захоронение раковин этих брахиопод было обнаружено в разрезе

нижнего силура гр. Чернышева в бассейне р. Шарью. Брахиоподы *Borealis* sp. в захоронении представлены преимущественно крупными особями с толстостенными раковинами, а также отдельными створками и их фрагментами. Исследования минерального вещества брахиопод проведены оптическими (МБС-10; МИН-8), рентгеноструктурным (рентгеновский дифрактометр Shimadzu XRD 6000) и ИК-спектроскопическим (фурье-спектрометр ИнфраЛюм ФТ-02) методами. Морфологические особенности и химический состав минеральных фаз изучены с использованием СЭМ (JSM 6400 JEOL, VEGA3 TESCAN) и микрозондового анализа. Компонентный состав элементов внутрираковинного вещества и вмещающей породы в валовых пробах в виде порошка определен на приборе XRF-1800 (Shimadzu). Изучение образцов проводилось на базе ЦКП УрО РАН «Геонаука» ИГ Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар).

Результаты исследований

Структурными методами установлено, что наружная поверхность створок четырех раковин брахиопод имеет мономинеральный состав и представлен кварцем. Анализ СЭМ-изображений показал, что вместо структурно упорядоченного карбонатного слоя стенки на наружной поверхности одного из створок размещаются кристаллы кварца с формами положительного, отрицательного ромбоэдра и гексагональной призмы. Кристаллы имеют короткопризматический облик, а ямки и каверны на их гранях указывают на процессы травления. Кварц формирует сплошную кристаллическую щетку, состоящую из индивидов размерами от 5 до 50 мкм (рис. 1). Наряду с кварцевой щеткой визуализируются зоны, сформированные из неориентированных индивидов разных генераций. Фигуры травления на поверхностях призм и ромбоэдров имеют как неправильные, так и геометрические формы.

На гранях отдельных кристаллов и между индивидами выявлены редкие реликты биоминеральных пленок со следовыми содержаниями алюминия и кремния. Полагаем, что их можно рассматривать как следы жизнедеятельности бактериальных сообществ в постседиментационный период (рис. 2).

Согласно микроснимкам РЭМ на поверхности двух других раковин преобладает ячеистая структура, сформированная из кварцевых сростков с диаметром 200–400 мкм (рис. 3). Размеры ограненных индивидов в агрегатах увеличиваются по мере удаления от центра сростка к периферии (рис. 4). Кварц можно наблюдать также в виде отдельных двухголовчатых индивидов между ячейками. На вершинах кристаллов в агрегатах часто наблюдаются ямки травления. Кроме того, следует отметить о явлениях выраженного растворения сростков, при которых видоизменяются облик и морфология индивидов.

Между друзами встречается обильное развитие внеклеточного полимерного вещества, представленное как гликокаликсом, так и чехлами современных цианобактерий, разделяющих между собой

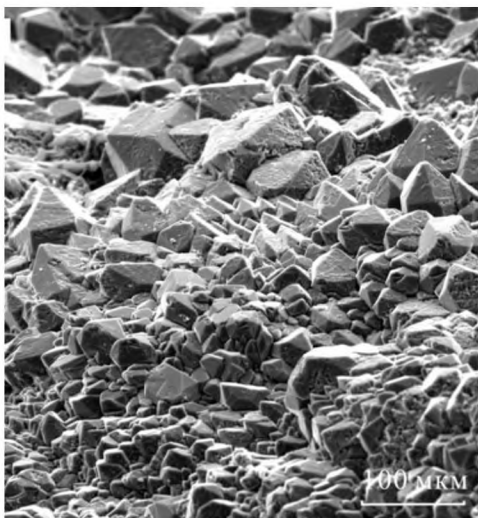


Рис. 1. Кристаллы кварца разных генераций на поверхности створки брахиопода *Borealis* sp.

Fig. 1. Quartz crystals of different generations on the surface of the valve of the brachiopod *Borealis* sp.

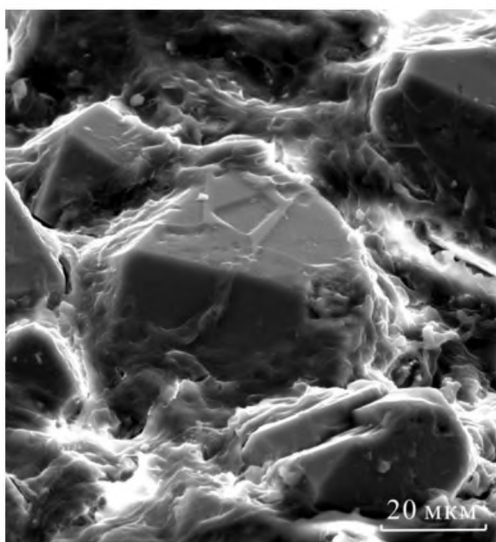


Рис. 2. Реликты окремененного гликокаликса между кристаллами кварца.

Fig. 2. Remnants of the silicified glycoalkalix between quartz crystals.

ячейки (рис. 3). В составе внеклеточного органического вещества цианофитов зафиксированы следовые содержания Mg, Si, Ca и Al.

Внутрираковинное вещество под тонким упорядоченным слоем кристаллов кварца представлено субмикрозернистым кремнеземом, в матрицу которой включены индивиды доломита, сростки и двухголовчатые монокристаллы кварца, а также агрегаты кальцита. Кроме того, в структуре кварцевой матрицы зафиксированы фрагменты гелеподобных кремнийсодержащих пленок. Кварц, как правило, является основным минералом, заместившим створки раковин брахиопода. Монокристалльные зерна кварца и сростки заполняют трещины в кремнеземе. При изучении внутрираковинного вещества в прозрачных шлифах выявлено, что кристаллы вторич-



Рис. 3. Общий вид фрагмента створки раковины брахиопода *Borealis* sp. (поперечное сечение брюшной створки).

Fig. 3. General view of the fragment of the shell valve of the brachiopod *Borealis* sp.

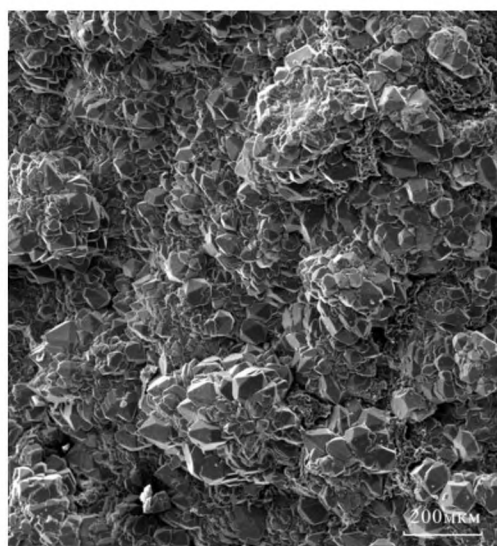


Рис. 4. Ячеистая структура кварца на его поверхности.

Fig. 4. Cellular structure of quartz on its surface.

ного доломита чаще всего ромбической формы располагаются в кварцевой матрице неравномерно, образуя местами скопления различной формы и величины. Например, в одном из шлифов обнаружено, что одна половина створки полностью замещена кремнеземом, а на другой рассеяны индивиды доломита в микрозернистом кварце. На РЭМ-изображениях визуализируются частично корродированные кристаллы доломита ромбоэдрического облика размерами 50–100 мкм. Индивиды вторичного кальцита формируют зернистые агрегаты. В строении кристаллов кальцита проявляется слоистость, а морфология поверхности отдельных кристаллов внутри створки указывает на то, что они также подвергались травлению.

На микроснимках внутрираковинного вещества обнаружены множественные чехлы современных

цианобитов (рис.5). Исследования показали, что частично окремненные чехлы имеют состав, мас. %: Si 11-20; Ni 1,64; S 0,97; Cu 0,89; Ca 0,45; Al 0,25. Следует отметить, что они распространены, как правило, в кварцевых прослойках. Наряду с ними встречаются гифы грибковой микрофлоры (актиномицеты?). Формирование различных минеральных пленок и фрагментов «рубашек», содержащих оксиды железа на кристаллах кварца, свидетельствует об участии бактерий в образовании новообразованных минералов во внутренней полости раковин.

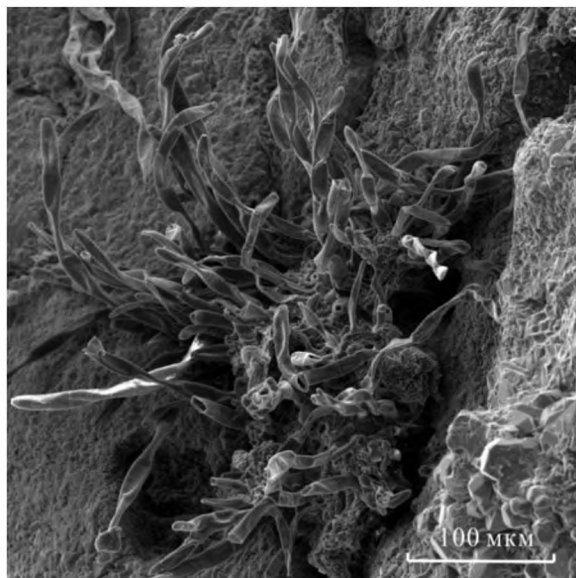


Рис. 5. Чехлы современных цианобитов в трещинах кварцевой матрицы внутри створки раковины.
Fig. 5. Covers of modern cyanophytes in the cracks of the quartz matrix inside the shell sashe.

Вмещающая порода брахиоподовой банки визуальнo на срезе представляет собой агатоподобную структуру. Исследования структурными методами показали, что преимущественным минералом в породе является кварц (см. таблицу). Содержание SiO_2 в породе по данным рентгенофлуоресцентного анализа составляет 79–87, CaO – 8–15 и Mg – 3–6 мас. %.

Изучение породы в прозрачных шлифах показало, что в постседиментационный период сформированные кристаллы кварца, игольчатого халцедона, кварцина и агрегаты кальцита инкрустируют пустоты в структуре кварцевой матрицы. На РЭМ-изображениях кварц наблюдается в виде субмикрозернистых образований и индивидов без определенной ориентации, размер которых составляет 1–10 мкм. Зерна, как правило, в значительной степени протравлены по сравнению с кварцем, сформированным на наружной поверхности створки раковины, а отсутствие гранных форм и облик индивидов указывают на процессы растворения.

Вторичный доломит представлен как индивидами, так и агрегатами, часто формирующими инкорпорационную структуру. Подобно внутрираковинным индивидам кристаллы доломита во вмещающей породе сильно корродированы и их распределение неравномерное.

Из трех модификаций карбоната кальция в породе структурными методами идентифицирован минерал – кальцит. В палеополостях окремненной породы на подложке первичного доломита он формирует сростки и монокристаллы скаленоэдрического облика с субиндивидами на гранях. Кроме того, согласно микроснимкам карбонат кальция (Ca 33 масс. %) в виде новообразованных веерообразных агрегатов визуализируется на поверхности кристаллов кальцитовых агрегатов (рис. 6, а, б).

На кристаллах кварца обнаружены карбонатсодержащие пленки чешуйчатой структуры с толщиной слоя 1 мкм, состоящие из упорядоченных палочковидных наноразмерных частиц (рис. 7). Состав нанокристаллов по данным микрозондового анализа представлен в мас. %: Ca 30–33; Mg 2,5.

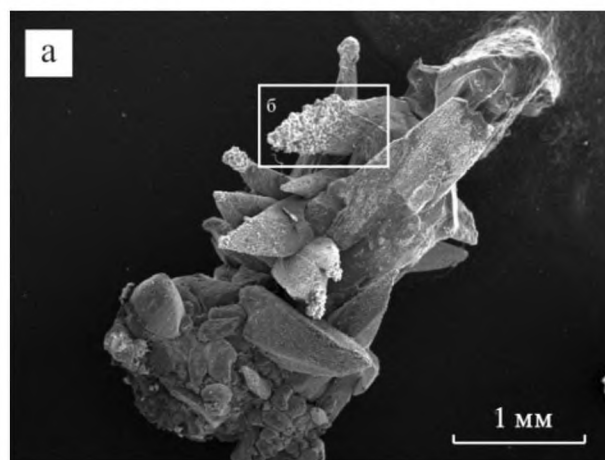


Рис. 6, а. Сросток вторичного кальцита в палеополостях вмещающей породы в брахиоподовой банке.
Fig. 6, а. Aggregates of secondary calcite in the paleocavities of the host rock in the brachiopod bank.

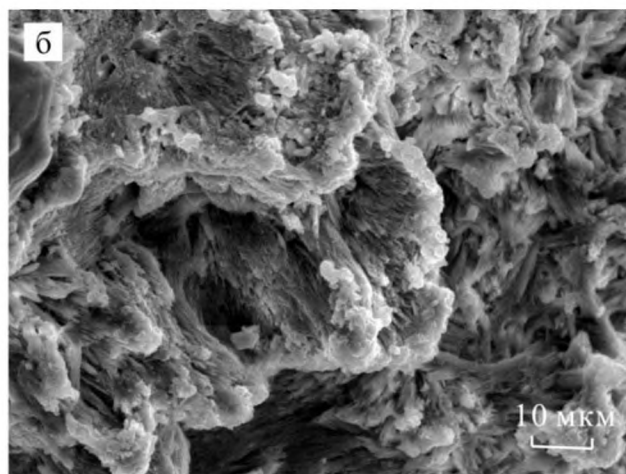


Рис. 6, б. Веерообразные агрегаты новообразованного карбоната кальция на поверхности кристалла вторичного кальцита.
Fig. 6, б. Fan-shaped aggregates of newly formed calcium carbonate on the surface of a secondary calcite crystal.

Обсуждение результатов

Гряда Чернышева расположена в северо-восточной части Тимано-Печорского бассейна, где распространены деформированные силурийско-

Рентгенографические данные новообразованных минералов в псевдоморфозах
X-ray data of newly formed minerals in pseudomorphs

d	Стенка раковины брахиопода		Внутрираковинные минералы			Вмещающая порода в брахиоподовой банке		
	1	2	1	2	3	1	2	3
	hkl(I)	hkl(I)	hkl(I)	hkl(I)	hkl(I)	hkl(I)	hkl(I)	hkl(I)
4,26	100(16)	—	100(20)	—	—	100(30)	—	—
3,34	101 100)	—	101(100)	—	—	101(100)	—	—
3,03	—	—	—	—	104 (4)	—	—	104(2)
2,89	—	104(3)	—	104 37)	—	—	104(64)	—
2,67	—	—	—	006 (2)	—	—	006(1)	—
2,54	—	—	—	015(2)	—	—	—	—
2,46	110 (8)	—	110(9)	—	—	110(12)	—	—
2,40	—	—	—	110(1)	—	—	—	—
2,29	102 (7)	—	102(9)	—	—	102(9)	—	—
2,23	111 (3)	—	111(4)	—	—	111(5)	—	—
2,19	—	—	—	113(30)	—	—	113(2)	—
2,13	200(5)	—	200(5)	—	—	200(8)	—	—
2,02	—	—	—	202(2)	—	—	202(1)	—
1,979	201 (4)	—	201(4)	—	—	201(5)	—	—
1,817	112 (13)	—	112(15)	—	—	112(17)	—	—
1,803	—	—	—	018(5)	—	—	018(3)	—
1,785	—	—	—	116(3)	—	—	116(2)	—
1,670	202(5)	—	202(5)	—	—	202(5)	—	—
1,542	—	—	211(6)	—	—	211(11)	—	—

Примечание: 1 – кварц; 2 – доломит; 3 – кальцит. (I) – относительная интенсивность дифракционных пиков; прочерк – дифракционные пики отсутствуют.

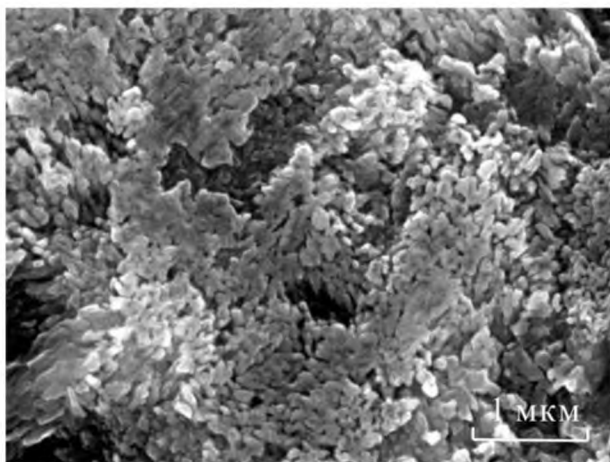


Рис. 7. Наноиндивиды карбоната кальция на поверхности кристаллов кварца из вмещающей породы.
 Fig. 7. Calcium carbonate nanoindivids on the surface of quartz crystals from the host rock.

нижнепермские преимущественно карбонатные отложения с подчиненными прослоями песчано-глинистых пород и эвапоритов позднего ордовика [5]. Один из наиболее представительных по полноте разрезов силура находится в центральной части гряды Чернышева на р. Шарью. Он расположен в районе «нижних ворот» среднего течения реки. Возраст самой древней толщи в этом разрезе – нижне-среднелландоверийский – предположительно определяется по находкам брахиопод *Borealis* sp., представленных массовым скоплением (ракушнякавой банкой).

На развитие брахиопод и других представителей бентосных организмов, населявших Тимано-Североуральский бассейн в раннем силуре, влияли

специфика тектонического режима территории, эв-статические изменения уровня Мирового океана, седиментологические условия, климатические изменения и другие [1]. Глобальная силурийская трансгрессия с начала лландовери способствовала широкому расселению брахиопод. Усиление регрессивных тенденций на большей части Северо-уральского палеобассейна в позднеазронское время, вымирание бентосной биоты, в том числе и брахиопод *Borealis*, за исключением строматопорат и цианобактериальных сообществ, свидетельствуют о крупной экосистемной перестройке на рубеже азрона и телича. В разрезе этот рубеж литологически фиксируется появлением тонкоплитчатых строматолитовых известняков в основании телича (филиппельского горизонта) [1, 6–8].

Ранее были показаны особенности современного биоминералообразования в гликокаликсе цианопрокариот из различных водных сред [9]. Определенные современные виды цианофитов, продуцируя слизистые образования, обрастают к субстрату. Формирование микроминералов независимо от условий кристаллизации и места обитания цианопрокариот происходит в пределах их гликокаликса.

Первоначальное формирование внеклеточных зерен кварца при участии цианобактериальных симбионтов (губок, радиолярий), на наш взгляд, могло быть в пределах бактериальной биопленки на поверхности створок, возможно, еще живых форм брахиопод. В качестве источника кремния древние цианофиты использовали биогенный кремнезем – радиолярии и губки. Однако остатки организмов, служивших источником кремнекислоты, не считая единичных спикул, замещенных кремнеземом, нами не обнаружены в петрографических шлифах.

Изначально в доломитизированных брахиоподах на стадии диагенеза, в последующем, на наш взгляд, произошло первичное окремнение. Повышенное содержание растворенного кремнезема может вызвать растворение доломита и окремнение раковин в определенных литологических условиях. После осаждения кремнеземом проходит стадии постседиментационных трансформаций: опал → скрытокристаллический кварц или халцедон → субмикрозернистый кварц.

Полагаем, что ячеистая структура агрегатов новообразованного кварца на наружной поверхности стенки створок брахиопод сформировалась в гликокаликсе современных цианобактерий. Присутствие реликтов окремненного гликокалика, выявленного на кристаллах и между агрегатами, а также полимерного органического вещества и частично минерализованных чехлов современных цианобактерий, указывает на участие биоты в формировании псевдоморфоз кварца по створкам раковин раннесилурийских брахиопод.

Заключение

Таким образом, показано, что в постседиментационных условиях изменились минеральный состав и структура стенки раковин брахиопод. Окремнение стенки раковин брахиопод привело к полной замене первоначального карбонатного скелета с изменением его структурной организации.

Наблюдаемая структурная упорядоченность, размеры кристаллов на стенках створок брахиопод, различающаяся не только на разных ископаемых образцах, но и в пределах одной створки раковины, свидетельствует о присутствии кварца разных генераций. На основе изученных микроснимков можно сказать, что кварц на створках раковин и во внутрираковинном веществе брахиопод претерпел неоднократные преобразования, обусловленные совокупностью внешних факторов: процессов древнего и современного выветривания.

Реликты биоминеральных пленок на кварцевых щетках свидетельствуют о влиянии микробиальных сообществ на процессы замещения первичного карбонатного скелета на первичный кварцевый.

Генезис кристаллических агрегатов кварца на поверхности связан как с современными, так и раннепалеозойскими процессами биоминералообразования при участии цианобактериальных симбионтов (радиолярий, губки).

Авторы благодарят д.г.-м.н., гл.н.с. В.И. Ракина, Е.М. Тропникова за сотрудничество в исследованиях.

Литература

1. Безносова Т.М. История развития пентамерид (Brachiopoda) в Тимано-Североуральском бассейне // Палеонтологический журнал. 2014. № 1. С. 49–54.
2. Сапельников В.П. Морфология и таксономическая эволюция брахиопод (отряд пентамериды). Свердловск, 1985. 231с.
3. Ушатинская Г.Т., Малаховская Я.Е. Первые брахиоподы с карбонатным скелетом: появ-

ление, расселение, строение стенки раковины // Эволюция биосферы и биоразнообразие. М.: ПИН РАН, 2006. С. 177–192.

4. Мадисон А.А. Микроструктура раковины строфоменид рода *Bilovia* Cooper (brachiopoda) из позднего ордовика Балтоскандии // Палеонтологический журнал. 2019. № 1. С. 34–45.
5. Соборнов К.О., Данилов В.Н. Гряда Чернышева: суперловушка или зона рассеивания углеводородов? // SPE : Материалы конференции. М., 2015. С. 1–18.
6. Безносова Т.М. Сообщества брахиопод и биостратиграфия ордовика, силура и нижнего девона северо-восточной окраины палеоконтинента Балтия. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 216 с.
7. Цыганко В.С., Безносова Т.М., Лукин В.Ю., Соболев Д.Б. Палеозойская стратисфера северо-востока Европы: стратиграфическая корреляция, биогеособытийная история, эволюция морских палеоэкосистем // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2010. № 3 (3). С. 55–61.
8. Матвеев В.А. Основные морфотипы и микроструктура лlandoверийских строматолитовых построек на западном склоне Приполярного Урала // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2013. № 2. С. 17–20.
9. Каткова В.И., Митюшева Т.П., Филиппов В.Н., Симакова Ю.С. Минеральные включения в цианобактериях из водных объектов юга Республики Коми // Вестник Кольского научного центра РАН. 2017. № 4. С. 65–71.

References

1. Beznosova T.M. Istoriya razvitiya pentamerid (Brachiopoda) v Timano-Severoural'skom bassejne [The history of the development of pentamerides (Brachiopoda) in the Timan-North Urals basin] // Paleontological J. № 1. 2014. P. 49–54.
2. Sapelnikov V.P. Morfologiya i taksonomicheskaya evolyutsiya brachiopod (otryad pentameridy) [Morphology and taxonomic evolution of brachiopods (Pentamerida order)]. Sverdlovsk, 1985. 231p.
3. Ushatinskaya G.T., Malakhovskaya Ya.E. Pervyye brachiopody s karbonatnym skelotom: poyavleniye, rasseleniye, stroyeniye stenki rakoviny [The first brachiopods with a carbonate skeleton: appearance, dispersal, structure of the shell wall] // Evolyutsiya biosfery i bioraznoobraziya [Evolution of the biosphere and biodiversity]. Moscow: Paleontological Inst., RAS, 2006. P. 177–192.
4. Madison A.A. Mikrostruktura rakoviny strofomenid roda *Bilovia* Cooper (brachiopoda) iz pozdnego ordovika Baltoskandii [Shell microstructure of strophomenids of the genus *Bilovia* Cooper (brachiopoda) from the Late Ordovician of Baltoscandia] // Paleontological J. 2019. No. 1. P. 34–45.
5. Sobornov K.O., Danilov V.N. Gryada Chernysheva: superlovushka ili zona rasseivaniya uglevodorodov? [Chernyshev Ridge: Super Trap or Hydrocarbon Dispersion Zone?] // SPE: Conf. materials. Moscow, 2015. P. 1–18.

6. *Beznosova T.M.* Soobshchestva brakhiopod i biostratigrafiya ordovika, silura i nizhnego devona severo-vostochnoy okrainy paleokontinenta Baltiya. [Brachiopod communities and biostratigraphy of the Ordovician, Silurian and Lower Devonian of the northeastern margin of the Baltic paleocontinent]. Ekaterinburg: Ural Branch, RAS, 2008. 216 p.
7. *Tsyganko V.S., Beznosova T.M., Lukin V.Yu., Sobolev D.B.* Paleozoyskaya stratisfera severo-vostoka yevropy: stratigraficheskaya korrelyatsiya, biogeosobytiynaya istoriya, evolyutsiya morskikh paleoekosistem [Paleozoic stratisphere of northeastern Europe: stratigraphic correlation, biogeo-event history, evolution of marine paleoecosystems] // Proc. of Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. 2010. № 3 (3). P. 55–61.
8. *Matveyev V.A.* Osnovnyye morfotipy i mikrostruktura llandoveryiskikh stromatolitovykh postroyek na zapadnom sklone Pripolyarnogo Urala [The main morphotypes and microstructure of Llandoveryan stromatolite structures on the western slope of the Subpolar Urals] // Bull. of Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. 2013. № 2. P. 17–20.
9. *Katkova V. I., Mityusheva T. P., Filippov V. N., Simakova Yu.S.* Mineral'nyye vklyucheniya v tsianobakteriyakh iz vodnykh ob'yektov yuga Respubliki Komi [Mineral inclusions in cyanobacteria from water bodies in the south of the Komi Republic] // Bull. of the Kola Sci. Centre, RAS. 2017. № 4. P. 65–71.

Статья поступила в редакцию 23.04.2021

УДК 551.332.24:552.12–047.44(470.1)
DOI 10.19110/1994-5655-2021-3-56-64

В.А. ИСАКОВ

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ МЕЖМОРЕННЫХ ФЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА СЕВЕРЕ ПЕЧОРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

*Институт геологии им. акад. Н. П. Юшкина
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар*

Isakovvlad94@gmail.com

V.A. ISAKOV

GENETIC TYPES OF INTER-MORAINIC FLUVIAL DEPOSITS IN THE NORTH OF THE PECHORA LOWLAND

*N.P.Yushkin Institute of Geology, Federal
Research Centre Komi Science Centre,
Ural Branch, RAS,
Syktyvkar*

Аннотация

Проведено литологическое изучение и фациально-генетическое расчленение осадков флювиальных отложений на северо-западе и северо-востоке Большеземельской тундры. На основе генетической диаграммы определены в бассейне р. Куи аллювиальные, флювиогляциальные, озерные и морские отложения, а в бассейне р. Падимейтивис – аллювиальные, флювиогляциальные и морские. Выявлены особенности выделенных генетических типов флювиальных отложений на основе изучения их текстурных характеристик, гранулометрического и минерального составов.

Ключевые слова:

флювиальные отложения, генетический тип, гранулометрический состав, минеральный состав, текстурный анализ

Abstract

Quaternary deposits of the Far North attract the attention of researchers, starting from the first stages of the development of geological science. They are represented by a wide range of rocks, the genetic interpretation of which is not always unambiguous, which in some cases leads to the erroneousness of paleogeographic reconstructions. Understanding the lithogenesis processes in the polar zone conditions is necessary for the correct interpretation of the genesis of the Neo-Pleistocene deposits, the restoration of the paleogeographic conditions of their formation. It is important to compare the lithological characteristics of the deposits in the northwest and northeast of the Bolshezemelskaya tundra, since their formation is associated with different sources of material removal.

A lithological study and facies-genetic dissection of fluvial sediments in the northwest and northeast of the Bolshezemelskaya tundra were carried out. On the basis of the genetic diagram (the graph of the dependence of the average grain diameter (d_{cp}) and the sorting coefficient (S_c)), it was found that alluvial, fluvioglacial, lacustrine and marine sediments were distinguished in the Kuya River basin, and alluvial, fluvioglacial and marine sediments – in the Padymeityvis River basin. The features of the identified genetic types of fluvial deposits are revealed based on the study of their textural characteristics, granulometric and mineral compositions.

Keywords:

fluvial deposits, genetic type, granulometric composition, mineral composition, texture analysis

Введение

Начиная с первых этапов развития геологической науки, четвертичные отложения Крайнего Севера, представленные широким спектром пород разного генезиса, вызывают повышенный интерес исследователей. Генетическая интерпретация отложений не всегда однозначна, что часто приводит к неправильным палеогеографическим реконструкциям.

Проблемы изучения и разработки критериев диагностики флювиальных отложений рассмотрены в работах Л.Н. Андреичевой [1, 2], М.Н. Григорьева [3], А.А. Юргайтиса [4], С.Г. Дромашко [5] и других исследователей. Но несмотря на несомненные успехи, достигнутые в последнее время в их изучении, вопросы диагностики генетических типов в условиях Крайнего Севера по-прежнему остаются недостаточно разработанными.

Для корректной интерпретации генезиса неоплейстоценовых отложений необходимо понимание процессов литогенеза в условиях полярной зоны. Диагностика генетических типов отложений является не только одной из важнейших целей литологического изучения континентальных осадочных формаций, но и основой для расчленения и корреляции разрезов четвертичных отложений, восстановления палеогеографических условий их формирования в неоплейстоцене и проведения геолого-съёмочных и геолого-поисковых работ.

Важным является сопоставление литологических характеристик отложений на северо-западе и северо-востоке региона, поскольку формирование их связано с разными питающими провинциями.

Методы и объект исследования

Материалом для статьи послужили результаты комплексного исследования отложений неоплейстоцена на северо-западе и северо-востоке Большеземельской тундры в разрезах береговых обнажений рек Куя и Падымейтывис (рис. 1). В долине р. Куи флювиальные отложения исследованы в 20 береговых обнажениях, но в настоящей работе приводятся материалы по восьми наиболее информативным обнажениям [6, 7]. В долине р. Падымейтывис флювиальные отложения были изучены в четырех обнажениях: в обн. Пд-2 и Пд-3, расположенных на юге поднятия Чернова, и в обн. Нд-2 и Пд-4 – на севере.

В процессе полевых работ особое внимание уделялось изучению седиментологических признаков: условиям залегания и типам слоистости пород, характеру контактов между слоями разных генетических типов отложений. Для решения вопросов генетической принадлежности пород использовались текстурный, гранулометрический и минералогический анализы. Текстульные особенности пород исследовались согласно методике Л.Н. Ботвинкиной [8] с целью выявления признаков, характеризующих слоистость отложений: форма, размер слоевых элементов, их положение в пространстве, внутреннее строение и соотношение друг с другом. Изучение гранулометрического состава проводилось с применением ситового и пипеточного методов для получения структурной характеристики отложений [9]. Ситовой метод использовался для выяснения гранулометрического состава материала песчано-гравийной размерности. Алевро-пелитовая



Рис. 1. Схема расположения изученных береговых обнажений в долинах рек Куя и Падымейтывис.
1 – реки; 2 – береговые обнажения.

Fig. 1. Location of the studied coastal outcrops in the valleys of the Kuya and Padymeityvis rivers.
1 – rivers; 2 – coastal outcrops.

фракция (размером менее 0.1 мм) исследовалась пипеточным методом. При обработке полученных результатов были подсчитаны средние диаметры зерен (d_{cp}) и коэффициенты сортировки (S_c). Коэффициент сортированности изменяется от нуля до единицы и растет в направлении увеличения сортированности: при наихудшей сортировке $S_c=0$, для однофракционных отложений $S_c=1$ [10]. Минералогический анализ проводился для фракции 0.25–0.1 мм, как наиболее представительной и доступной для изучения [1]. Сопоставление отложений разных генетических типов проводилось на основе генетической диаграммы Л.Б. Рухина [11], которая позволила выделить области (поля), характеризующие определенный генетический тип отложений и, как следствие, определенные свойства пород.

Результаты исследований и обсуждение

На основе классификации генетических типов континентальных отложений [12] и генетической диаграммы (графика зависимости d_{cp} и S_c) установлено, что в бассейне р. Куи выделяются флювиогляциальные, аллювиальные, озерные и морские отложения, а в бассейне р. Падымейтивис – аллювиальные, флювиогляциальные и морские (рис. 2). Были также сопоставлены литологические и мине-

ралогические характеристики флювиальных отложений северо-запада и северо-востока Большеземельской тундры, что позволило более точно охарактеризовать особенности осадконакопления отложений регионов разных источников сноса материала.

Флювиогляциальные отложения были изучены на северо-западе и северо-востоке Большеземельской тундры в обнажениях К-6/2, Пд-2 и Пд-3, где они вскрываются преимущественно в долинных зандрах. Зандровые равнины сложены слоистыми ледниковыми осадками, которые формируются в основном аллювиальными процессами и отлагаются исключительно текущими тальми водами, что вносит трудности в расчленение флювиогляциальных и аллювиальных отложений [13]. Эти воды растекались, формируя мелкие блуждающие потоки, сливающиеся в более крупные русла, а затем входящие в речную систему данной области.

В обн. К-6/2 флювиогляциальные отложения представлены переслаиванием от мелкозернистых светло-бежевых до светло-коричневых песков и серо-коричневых супесей. В основании разреза в них преобладает косая и прерывистая пологоволнистая слоистость, обусловленная тонкими прослоями гравия и мелкой гальки черного цвета, тогда

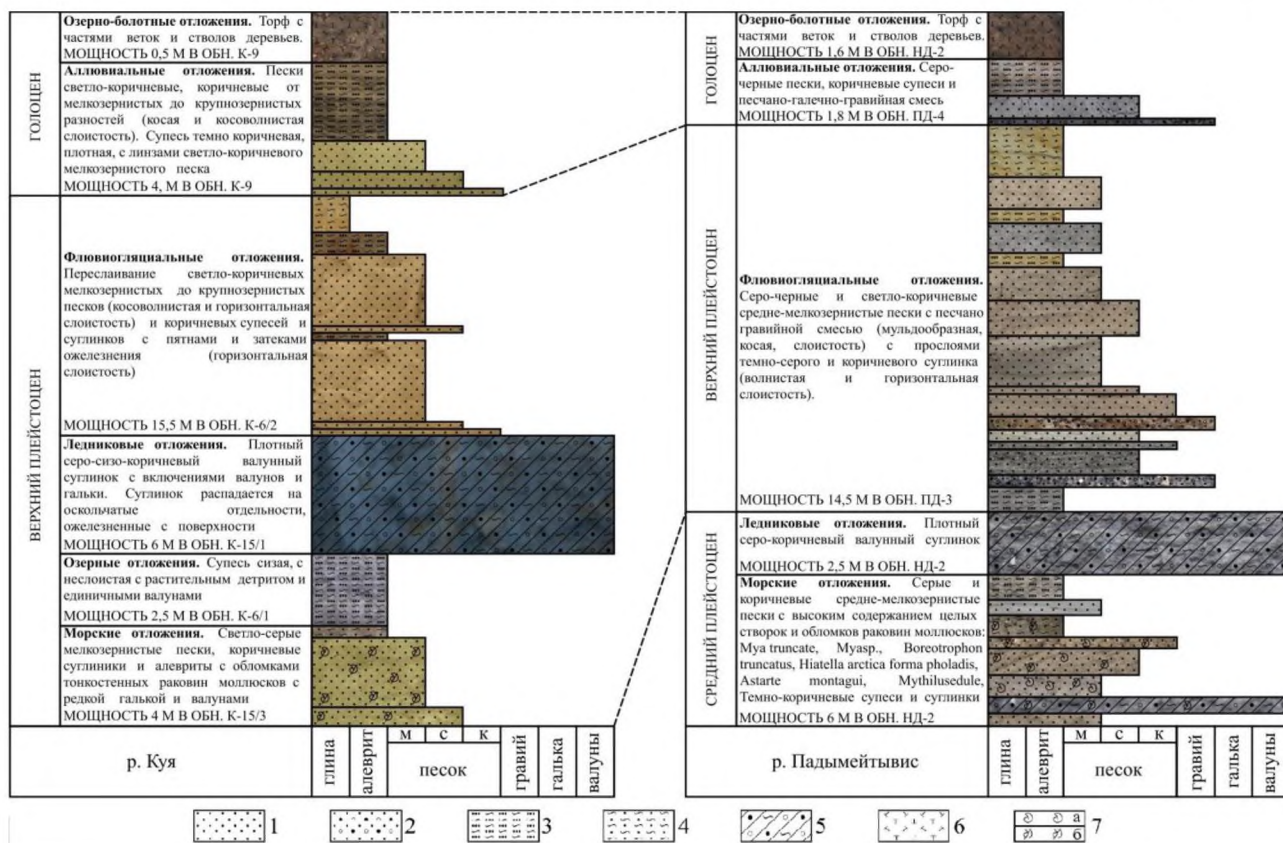


Рис. 2. Сводные геологические разрезы четвертичных отложений в бассейнах рек Куя и Падымейтивис.

Примечание: цвета отложений в литологической колонке отражают их естественную окраску.

1 – песок; 2 – песок с гравием и галькой; 3 – супесь; 4 – суглинок; 5 – валунный суглинок; 6 – торф; 7 – раковины морских моллюсков: (а) целые и (б) обломки.

Fig. 2. Consolidated geological sections of Quaternary sediments in the basins of the Kuya and Padyameityvis rivers.

Note: the sediment colors in the lithological column reflect their natural colors.

1 – sand; 2 – sand with gravel and pebbles; 3 – sandy loam; 4 – loam; 5 – boulder loam; 6 – peat; 7 – shells of marine mollusks: (a) intact and (b) fragments.

как в верхней части слоистость выполаживается и становится горизонтальной за счет концентрации глинистых частиц на плоскостях напластования. Характерна средняя степень сортированности материала ($S_c=0.33-0.52$) и довольно крупная размерность частиц ($d_{ср}=0.132-0.481$ мм).

В минеральном составе тяжелой фракции флювиогляциальных осадков бассейна р. Куи (рис. 3) преобладает эпидот (27.4%), близкие значения имеют гранат (23.3%) и амфибол (20.7%), что позволяет связать их формирование в северо-западной части Большеземельской тундры в значительной степени за счет размыва ледниковых отложений Фенноскандинавского центра оледенения. Отмечаются повышенные содержания ильменита (6.8%) и титановых минералов (4.5%).

В обнажениях Пд-2 и Пд-3 флювиогляциальные отложения представляют собой переслаивание серых мелкозернистых песков и серо-коричневых суглинков. Содержание песка варьирует в пределах 20–80%, алеврита – 10–70% и глины до 5–10%. Они характеризуются от средней до хорошей степенью сортированности материала ($S_c=0.27-0.71$) и размерностью частиц ($d_{ср}=0.061-0.769$ мм). Большие вариации гранулометрического состава являются типичными для флювиогляциальных отложений района исследований, но не характерными для пород сопредельных территорий. Так, в бассейне р. Бол. Роговой флювиогляциальные отложения довольно однородны по гранулометрическому составу: это в основном слабо- и среднесортированные пески ($S_c=0.39-0.49$). В отложениях рек Падымейтивис и Бол. Роговая наблюдается зависимость карбонатности осадков от концентрации гравийной фракции, что свидетельствует о высоком содержании в составе графия обломков карбонатных пород [14].

Тяжелая фракция флювиогляциальных отложений бассейна р. Падымейтивис (рис. 3) представлена сидеритом (10.8%) - ильменитом (16.1%) - гранатом (20.4%) - эпидотом (27.4%) - минеральной ассоциацией, сходной с подстилающей вычегодской мореной. Аналогичный минеральный состав характерен для отложений р. Адзвы [1]. Для минерального состава флювиогляциальных отложений северо-востока Большеземельской тундры типичны высокие содержания сидерита (до 10.8%) и пирита (до 6.1%), что может быть связано с относительно слабым химическим выветриванием в условиях приледникового климата и влиянием состава подстилающих ледниковых отложений, в формировании которых принимали участие транзитные породы – песчаники верхнего триаса, обогащенные сидеритом и сидеритовыми стяжениями [14].

Сложный и изменчивый состав флювиальных осадков обусловлен тем, что их образование происходит на всех этапах развития ледникового покрова. Однако основная преобладающая масса

связана с его стагнацией и регрессивной фазой развития [15].

Аллювиальные отложения, выделенные как на северо-западе, так и на северо-востоке Большеземельской тундры, различны, что зависит от величины и типа рек, гидродинамических условий и их периодических изменений, типа транспортируемого материала, рельефа окружающего пространства, растительного покрова, климатических условий и т.д. [16]. Это объясняет наличие большого разнообразия фаций аллювиальных отложений.

Пристречневая фация аллювия залегает в основании береговых обнажений К-3, К-6/1, К-13, Пд-4 и имеет мощность около 2.5 м. Она характеризуется от средней до хорошей степени сортированности материала ($S_c=0.33-0.52$) и крупной размерностью частиц ($d_{ср}=0.132-0.698$ мм) по сравнению с другими фациальными разновидностями аллювия. Для пристречневой фации типично преобладание песчано-гравийного материала, а также косая слоистость.

Отложения прирусловой отмели встречаются в средней части обнажений К-3, К-4, К-6/2, К-13 и Пд-4. Мощность их колеблется от 2 до 4.5 м. Для прирусловых осадков типичны высокие значения коэффициента сортировки ($S_c=0.51-0.83$) и средний диаметр частиц ($d_{ср}$), равный 0.132–0.280 мм. В этой фации преобладает песчаный материал. Типична крупная косая, мульдобразная и косоволнистая слоистость. Осадки прирусловой отмели имеют более широкое распространение, чем пристречневые отложения.

Пойменная фация в районе исследований изучена в обнажениях К-3, К-6/2, К-9, К-13 и К-15/1 и Пд-4. Мощности составляют от 1 до 4.5 м. Осадки пойменной фации характеризуются преобладанием алевритовой фракции (60–70%), от средней до хорошей степени сортировки мелкозема ($S_c=0.35-0.59$) и тонким диаметром зерен от 0.040 до 0.105 мм. Типична пологоволнистая, горизонтальная и неясная волнистая слоистость.

По результатам палинологических исследований старичных отложений долины р. Куи были



Рис. 3. Минеральный состав тяжелой фракции флювиогляциальных отложений в бассейнах рек Куя и Падымейтивис.
Fig. 3. Mineral composition of the heavy fraction of fluvioglacial sediments in the basins of the Kuya and Padymeytyvis rivers.

реконструированы особенности растительности и климата четырех этапов позднего голоцена (SA-1, SA-2, SA-3 и SA-R). Состав спектров отражает развитие в ранней субатлантике (SA-1) моховой кустарниковой тундры и наиболее холодные климатические условия. Резкое увеличение содержания пыльцы деревьев в спектрах указывает на распространение лесотундровой растительности и потепление в середине субатлантики (SA-2).

Ландшафтно-климатические изменения, происходившие в течение малого ледникового периода в конце субатлантики (SA-3), привели к сокращению лесов за счет распространения травяно-кустарниковых сообществ. Последовавшее затем потепление (SA-R) вызвало развитие современных ценозов [17].

В минеральном составе аллювиальных отложений на северо-западе преобладает гранат (26.7%), близкие значения имеют эпидот (26.2%) и амфибол (20.3%). Отмечается высокое содержание ильменита – 8.5%, повышено количество титановых минералов, в отдельных образцах до 6.3%, метаморфические минералы составляют 3.4% (рис. 4).

На северо-востоке Большеземельской тундры, в долине р. Падьмейтывис, содержание эпидота составляет 39.5%, граната – 13.6%, ильменита – 7%, количество титановых минералов – 4%.

Таким образом, аллювиальные отложения на северо-западе и северо-востоке Большеземельской тундры представлены однотипными по гранулометрическому составу осадками. Различия отмечены лишь в минеральном составе, что связано с разными источниками сноса материала [14].

Озерные отложения были выделены в северо-западной части Большеземельской тундры, в долине р. Куи. Они составляют основание разреза К-3, где представлены мелкозернистым глинистым хорошо сортированным песком, глинами сизо-серого и серого цветов и коричневым суглинком с включениями растительных остатков.

Для данного типа отложений характерно преобладание алевроитовой фракции до 79%, содержание песка составляет 10%, глины – 11%. Мощность озерных осадков невелика: 1–2 м, степень сортированности мелкозернистого (S_с) равна 0.39, средний диаметр (d_{ср}) – 0.046 мм. Озерным отложениям присуща мелкая горизонтальная слоистость.

По гранулометрическому и минеральному составу озерные осадки долины р. Куи схожи с осадками бассейна р. Лай (рис. 5). В бассейне р. Шапкиной и в обн. Хонгурей

рей озерные отложения более глинисты – 23.6%, содержание песка составляет 16.2%, алевроита – 60% [1].

В минеральном составе тяжелой фракции озерных отложений долины р. Куи выделены амфибол (14.3%)-гранат (15.4%)-эпидот (17.3%) ильменитовая (29.2%), в бассейне р. Лай – ильменит (9.6%)-гранат (20.8%)-эпидотовая (28.9%), а в бассейне р. Хонгурей – гранат (7.4%)-амфибол (11.9%)-эпидотовая (37.4%) ассоциации. Повышенное содержание ильменита в тяжелой фракции озерных отложений обусловлено тем, что ильменит концентрируется преимущественно в алевроитовой фракции [11].

Для минерального состава озерных отложений северо-востока Большеземельской тундры характерна сидерит (9.6%)-гранат (10%)-эпидотовая (40.3%) ассоциация, с высоким (до 10.3%) содержанием титановых минералов (рис. 6). Отмечаются низкие содержания ильменита (5.7%) и метаморфических минералов (1.3%).



Рис. 4. Минеральный состав тяжелой фракции аллювиальных отложений в бассейнах рек Куя и Падьмейтывис.

Fig. 4. Mineral composition of the heavy fraction of alluvial sediments in the basins of the Kuya and Padymeityvis rivers.

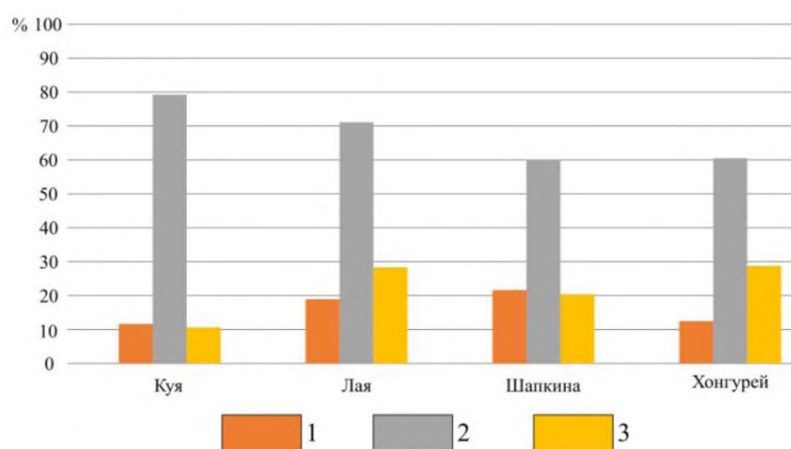


Рис. 5. Средний гранулометрический состав озерных отложений в бассейнах рек Куи, Лай, Шапкиной и в обн. Хонгурей.

1 – песок; 2 – алевроит; 3 – глина.

Fig. 5. Average granulometric composition of lacustrine sediments in the basins of the Kuya, Laya, Shapkina and Khongurei rivers.

1 – sand; 2 – aleurite; 3 – clay.

В общем составе спорово-пыльцевых спектров преобладают травянистые растения (до 80%). Пыльца древесных пород составляет от 13 до 23.5%, споры – от 7 до 16%. Основная доля немногочисленных определенных древесных форм приходится на пыльцу березы, сосны и ели. Состав травянистых растений довольно разнообразен. В нижней части отложений значительно преобладают злаки (почти 50%), затем их количество уменьшается. Велико участие полыней (более 20%). Среди споровых преобладают сфагновые мхи и папоротники. Резкое преобладание пыльцы трав (до 50%), незначительное (до 20%) содержание спор; постоянное присутствие полыней, маревых и злаков отражают существование в этот период ксерофитной перигляциальной тундры в криоаридизационных условиях, характерных для отложений раннего валдая [18].

Морские отложения были вскрыты в обнажениях К-15/1 и Нд-2. В обн. К-15/1 морские отложения также слагают нижнюю часть разреза, где залегают под полярной мореной и представлены песками и глинами коричневого цвета с включениями обломков и целых раковин морских моллюсков. Пески и глины характеризуются субгоризонтальной и горизонтальной слоистостью и достаточно хорошо сортированы – $S_c=0.46-0.49$. Мощность песков не превышает 2.4 м. По гранулометрическому составу в осадках преобладает алеврит – 73%, содержание песчаной фракции составляет в среднем 25%, глинистой – 2%. Значения коэффициента сортировки высокие (до 0.72). Средний диаметр частиц не превышает 0.083 мм. Тонкий диаметр зерен, горизонтальная слоистость, а также наличие раковин морских моллюсков могут указывать на то, что осадконакопление происходило в довольно спокойных условиях, в шельфовой зоне моря [1, 13].

Тяжелая фракция песков сложена амфибол (19.7%)-гранат (21.3%) - эпидотовой (25.1%) минеральной ассоциацией с повышенным содержанием ильменита (до 9%). Количество титановых минералов составляет 9.7% (рис. 7), а метаморфических – 4.2%.

В обн. Нд-2 они слагают преимущественно нижнюю часть разреза, где залегают под вычегодской мореной. Их характерными признаками являются не только относительно крупный средний диаметр зерен ($d_{cp}=0.142-0.930$ мм) и сортировка от средней до хорошей ($S_c=0.33-0.63$), субгоризонтальная и косая слоистость, но также и наличие в отложениях целых раковин морских моллюсков хорошей сохранности, что является диагностическим признаком осадконакопления в прибрежно-морских условиях [19]. По устному сообщению

геолога ЗАО «Поляргео» А.В. Крылова, в отложениях обн. Нд-2 установлена морская фауна: *Mya truncate*, *Myasp.*, *Boreotrophon truncatus*, *Hiatella arctica forma pholadis*, *Astarte montagui*, *Mythilusedule*, *Semibalanus balanoides*., характерная для отложений верхнего кайнозоя побережья Баренцева моря.

В минеральном составе тяжелой фракции выделена амфибол (9.8%)-сидерит (11.4%)-гранат (24.0%)-эпидотовая (25.1%) ассоциация. Отмечается высокое содержание титановых минералов (до 9.7%), количество ильменита составляет 5.9%, пирита – 7.3%, метаморфических минералов содержится лишь 0.3%, т. е. наблюдается закономерное обогащение морских осадков минералами Северо-Восточной терригенно-минералогической провинции.

Таким образом, морские отложения на северо-западе и северо-востоке Большеземельской тундры имеют ряд различий в минеральном и гра-



Рис. 6. Минеральный состав тяжелой фракции озерных отложений в бассейнах рек Куя и Бол. Роговая.

Fig. 6. Mineral composition of the heavy fraction of lacustrine sediments in the basins of the Kuya and Bolshaya Rogovaya rivers.



Рис. 7. Минеральный состав тяжелой фракции морских отложений в бассейнах рек Куя и Падымейтывис.

Fig. 7. Mineral composition of the heavy fraction of marine sediments in the basins of the Kuya and Padymeytyvis rivers.

нулометрическом составе, что говорит о разных гидродинамических условиях осадконакопления.

Выводы

В результате комплексных исследований межморенных флювиальных отложений на северо-западе и северо-востоке Большеземельской тундры выявлена их текстурная, структурная, минералогическая характеристики и установлена генетическая принадлежность осадков. Выделены и сопоставлены флювиогляциальные, аллювиальные, озерные и морские типы отложений северо-западной и северо-восточной частей Большеземельской тундры. Проведено фациальное расчленение аллювия.

Флювиогляциальные отложения на изученной территории представлены преимущественно долинными зандрами. Основным источником материала для флювиогляциальных осадков служили подстилающие ледниковые валунные суглинки. По этой причине различия в минеральном и гранулометрическом составе флювиогляциальных отложений в северо-западной и северо-восточной частях Большеземельской тундры обусловлены формированием их за счет морен из разных питающих ледниковых провинций.

Аллювиальные отложения представлены однотипными по гранулометрическому составу осадками как на северо-западе, так и на северо-востоке района работ. Отличия фиксируются лишь в минеральном составе тяжелой фракции, что связано с различными источниками сноса материала при их формировании.

Для озерных отложений характерен выдержанный гранулометрический и минеральный состав в северо-западной части Большеземельской тундры. Но отличительной чертой является преобладание алевритовой фракции, что говорит об осадконакоплении в малоподвижной или стоячей воде – в глубоких частях озер. Повышенное содержание ильменита в тяжелой фракции озерных отложений обусловлено тем, что ильменит концентрируется преимущественно в алевритовой фракции.

В спорово-пыльцевых спектрах озерных алевритов северо-востока преобладает пыльца трав (до 50%), содержание спор незначительно – 20%, постоянно присутствуют полыни, маревые и злаки, что указывает на существование в этот период ксерофитной перигляциальной тундры, типичной для отложений раннего валдая.

Морские отложения слагают преимущественно нижнюю часть разрезов и перекрываются полярной или вычегодской моренами. Изменчивый гранулометрический и минеральный состав как на северо-западе, так и на северо-востоке, субгоризонтальная и горизонтальная слоистость, наличие комплекса фауны, характерной для морских отложений верхнего кайнозоя побережья Баренцева моря, являются диагностическими признаками морских отложений.

Работа выполнена в рамках темы НИР ГР № АААА-А17-117121140081-7.

Литература

1. *Андреичева Л.Н.* Плейстоцен европейского Северо-Востока. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 321 с.
2. *Андреичева Л.Н., Марченко-Ваганова Т.И.* Озерное осадконакопление в позднем неоплейстоцене на европейском Северо-Востоке России // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2014. №1. С. 13–18.
3. *Григорьев М.Н.* Критерии диагностики основных генетических типов позднекайнозойских отложений Арктики (на примере острова Колгуев): Автореф. дис. канд. геол.-минер. наук. Л., 1987. 357 с.
4. *Юргайтис А.А.* Литогенез флювиогляциальных отложений области последнего материкового оледенения. М.: Недра, 1984. 184 с.
5. *Дроماشко С.Г.* Минералогия и геохимия флювиогляциальных отложений Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1981. 248 с.
6. *Исаков В.А., Буравская М.Н.* Генетические типы флювиальных отложений неоплейстоцена в бассейне р. Падымейтивис (северо-восток Большеземельской тундры) // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского региона: Материалы 25-й научной конференции Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар: Геопринт, 2016. С. 22–27.
7. *Исаков В.А.* Флювиальные отложения в долине р. Куи (северо-запад Большеземельской тундры) // Геолого-Археологические исследования в Тимано-Североуральском регионе: Доклады 19-й научной конференции. Сыктывкар: Геопринт, 2016. С. 44–49.
8. *Ботвинкина Л.Н.* Методическое руководство по изучению слоистости. М.: Наука, 1965. 265 с.
9. *Качинский Н.А.* Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. М., 1958. 192 с.
10. *Белкин В.И., Рязанов И.В.* Понятие и меры гранулометрической сортированности и однородности // Тезисы V Коми республиканской научной молодежной конференции. Сыктывкар, 1972. С. 184–185.
11. *Рухин Л.Б.* Основы литологии. Учение об осадочных породах. Л.: Недра, 1969. 778 с.
12. *Шанцер Е.В.* Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований / Труды ГИН АН СССР. Вып. 161. М.: Недра, 1966. 239 с.
13. *Обстановки осадконакопления и фации / Под ред. Х. Рединга.* М.: Мир, 1990. Т. 1. 352 с.; Т. 2. 384 с.
14. *Андреичева Л.Н.* Питающие провинции и их влияние на формирование состава морен Тимано-Печоро-Вычегодского региона // Литология и полезные ископаемые. 1994. №1. С. 127–131.
15. *Санько А.Ф., Ярцев В.И., Дубман А.В.* Генетические типы и фации четвертичных отложений Беларуси. Минск, 2012. 311 с.
16. *Лазаренко А.А.* Литология аллювия равнинных рек гумидной зоны (на примере Днепра, Десны, Оки). М.: Наука, 1964. 236 с.

17. Буравская М.Н., Марченко-Вагапова Т.И., Исаков В.А., Воробьев Н.Н. Ландшафтно-климатические условия развития почвенного покрова долины нижнего течения р. Куи в голоцене // Почвы России: вчера, сегодня, завтра: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной Году экологии и 90-летию со дня рождения В.В. Тюлина. Киров: ВятГУ, 2017. С. 32–36.
18. Марченко-Вагапова Т.И., Исаков В.А. Литолого-палеонтологическая характеристика верхнеплейстоценовых отложений в бассейне р. Куи // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Материалы X Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. М.: ГЕОС, 2017. С. 251–253.
19. Данилов И.Д. Плейстоцен морских субарктических равнин. М.: МГУ, 1978. 198 с.
7. Isakov V.A. Flyuvial'nyye otlozheniya v doline r. Kuya (severo-zapad Bol'shezemel'skoy tundry) [Fluvial deposits in the Kuya river valley (north-west of the Bolshezemelskaya tundra)] // Geologo-Arkheologicheskiye issledovaniya v Timano-Severoural'skom regione [Geological and archaeological research in the Timan-North Urals region]: Reports of the 19th sci. conf. Syktывkar: Geoprint, 2016. P. 44–49.
8. Botvinkina L.N. Metodicheskoye rukovodstvo po izucheniyu sloistosti [Methodological guide for the study of layering] Moscow: Nauka, 1965. 265 p.
9. Kachinsky N.A. Mehanicheskii i mikroagregatnyi sostav pochvy, metody ego izucheniya [Mechanical and microaggregate composition of soil, methods of its study]. Moscow, 1958. 192 p.
10. Belkin V.I., Ryazanov I.V. Ponyatiye i mery granulometricheskoy sortirovannosti i odnorodnosti [Concept and measures of granulometric sorting and homogeneity] // Abstracts of the V Komi Republ. Sci. Youth Conf. Syktывkar, 1972. P. 184–185.
11. Rukhin L.B. Osnovy litologii. Ucheniye ob osadochnykh porodakh [Basics of lithology. The doctrine of sedimentary rocks]. Leningrad: Nedra, 1969. 778 p.
12. Shantser E.V. Ocherki ucheniya o geneticheskikh tipakh kontinental'nykh osadochnykh obrazovaniy [Essays on the theory of the genetic types of continental sedimentary formations] / Proc. of Geol. Inst., USSR Ac. Sci. Issue. 161. Moscow: Nedra, 1966. 239 p.
13. Obstanovki osadkonakopleniya i fatsii [Sedimentary environments and facies] / Ed. H. Reading. Moscow: Mir, 1990. Vol.1. 352 p.; Vol.2. 384 p.
14. Andreicheva L.N. Pitayushchiye provintsii i ih vliyaniye na formirovaniye sostava moren Timano-Pechoro-Vychegodskogo regiona [Feeding provinces and their influence on the formation of the composition of moraines in the Timan-Pechora-Vychegda region] // Lithology and Mineral Resources. 1994. No. 1. P. 127–131.
15. San'ko A.F., Yartsev V.I., Dubman A.V. Geneticheskiye tipy i fatsii chetvertichnykh otlozheniy Belarusi [Genetic types and facies of the Quaternary deposits of Belarus]. Minsk, 2012. 311 p.
16. Lazarenko A.A. Litologiya allyuviya ravninykh rek gumidnoy zony (na primere Dnepra, Desny, Oki) [Alluvium lithology of lowland rivers in the humid zone (the example of the Dnieper, Desna, Oka Rivers)]. Moscow: Nauka, 1964. 236 p.
17. Buravskaya M.N., Marchenko-Vagapova T.I., Isakov V.A., Vorobyev N.N. Landshaftno-klimaticheskie usloviya razvitiya pochvennogo pokrova doliny nizhnego techeniya r. Kuya v golotsene [Landscape and climatic conditions for the development of soil cover in the valley of the down-stream of the Kuya River in the Holocene] // Soils of Russia: yesterday, today, tomorrow: Proc. of All-Russian sci. conf. with

References

- intern. partic. dedicated to the Year of Ecology and the 90th birth anniversary of V.V. Tyulin. Kirov: Vyatka State Univ., 2017. P. 32–36.
18. *Marchenko-Vagapova T.I., Isakov V.A.* Litologo-palinologicheskaya kharakteristika verkhnepleystotsenovykh otlozheniy v asseyne r. Kuya [Lithological and palynological characteristics of the Upper Pleistocene deposits in the basin of the Kuya River] // Fundamental'nyye problem kvartera: itogi izucheniya i osnovnyye napravleniya dal'neyshikh issledovaniy [Fundamental problems of the Quater: the results of the study and the main directions of further research]: Materials of the X All-Russian meeting on the study of the Quaternary period. Moscow: GEOS, 2017. P. 251–253.
19. *Danilov I.D.* Pleistotsen morskikh subarkticheskikh ravnin [The Pleistocene of marine subarctic plains]. Moscow: Moscow State Univ., 1978. 198 p.

Статья поступила в редакцию 09.05.2021

УДК 553(470.13)
DOI 10.19110/1994-5655-2021-3-65-74

**С.К. КУЗНЕЦОВ*, И.Н. БУРЦЕВ*,
М.Б. ТАРБАЕВ**, Н.Н. ТИМОНИНА*,
Р.И. ШАЙБЕКОВ***

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ ВОРКУТИНСКОГО РАЙОНА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ОСВОЕНИЯ

**Институт геологии им. акад. Н. П. Юшкина
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар
**АО «Коминедра», г. Сыктывкар*

kuznetsov@geo.komisc.ru

**S.K. KUZNETSOV*, I.N. BURTSEV*,
M.B. TARBAEV**, N.N. TIMONINA*,
R.I. SHAIBEKOV***

MINERAL RESOURCES OF THE VORKUTA REGION AND THE PROSPECTS OF THEIR DEVELOPMENT

** N.P.Yushkin Institute of Geology, Federal
Research Centre Komi Science Centre,
Ural Branch, RAS,
Syktyvkar
**JSC "Komedra", Syktyvkar*

Аннотация

Проведен анализ состояния и перспектив развития минерально-сырьевой базы Воркутинского района Республики Коми, относящегося к Арктической зоне. Важнейшими были и остаются угольные месторождения, разработка которых является основой существования г. Воркута. Вместе с этим, Воркутинский район представляет интерес в отношении нефти и газа, золота, баритов, хромовых, медных руд и других полезных ископаемых. Необходимо детальное изучение перспективных районов и проведение геологоразведочных работ.

Ключевые слова:

Арктика; Воркутинский район; Республика Коми; уголь; нефть; газ; барит; золото; хромовые, медные руды

Abstract

The analysis of the state and prospects for the development of the mineral resource base of the Vorkuta region of the Komi Republic, belonging to the Arctic zone, was carried out. It is shown that the coking coal deposits of the Pechora basin, the development of which is the basis for the existence of the city of Vorkuta, were and still are the most important ones. The reserves of coking coal are significant, however, the supply of them to operating mining enterprises is becoming more and more limited. To maintain and develop coal mining, it is necessary to build new mines. Along with the coal deposits, the Vorkuta region is of great interest in relation to other minerals. In the Kosyu-Rogovsk and Korotaiha depressions, there are potential oil and gas-bearing structures, on the western slope of the Polar Urals – barite deposits, gold, chromium and copper occurrences, deserving further geological study and prospecting works. For a more complete disclosure and development of the mineral resource potential of the Vorkuta region, the extension of transport infrastructure is of great importance. The implementation of plans for the construction of railways, access to the Northern Sea Route, can contribute, in particular, to increasing the volume of coal production and wider supplies of coal using sea transport, and raising the investment attractiveness of the Arctic territories.

Keywords:

the Arctic, Vorkuta region, the Komi Republic, coal, oil, gas, barite, gold, chrome, copper ores

Введение

В пределах Российской Арктики сосредоточены значительные запасы и ресурсы нефти, газа, угля, меди, никеля, золота, платиноидов, свинца и цинка, редких металлов, алмазов, апатита и других

полезных ископаемых, имеющих большое промышленное значение. Воркутинский район находится в крайней северо-восточной части Республики Коми и в геолого-географическом отношении охватывает западный склон Полярного Урала и Предуральский краевой прогиб. С открытием в 1930-х гг. Печорско-го угольного бассейна и ряда угольных месторождений на этой территории началось строительство шахт и шахтных поселков, городов Воркута и Инта, ставших основными центрами угледобычи. В 1942 г. завершилась прокладка крайне важной для страны железной дороги Воркута – Котлас. Город Воркута в течение достаточно короткого промежутка времени превратился в крупнейший промышленный и культурный центр Заполярья.

В последние десятилетия произошли существенные изменения в экономике, вызвавшие сокращение угледобычи, что, в свою очередь, обусловило заметный отток населения и породило целый ряд социально-экономических проблем, характерных для многих российских моногородов. В связи с необходимостью их решения, а также задачами реализации государственной стратегии развития арктических территорий, Воркутинский район (Воркутинская опорная зона Российской Арктики) заслуживает особого внимания.

К настоящему времени в Воркутинском районе выявлены месторождения и проявления различных полезных ископаемых (рис. 1). В Предуральском краевом прогибе наряду с месторождениями угля имеются площади, перспективные на нефть и газ. На западном склоне Полярного Урала в пределах Западно-Уральской и Центрально-Уральской мезозон известны месторождения и многочисленные проявления металлических и неметаллических полезных ископаемых. Большой интерес представляют вопросы, касающиеся перспектив развития и освоения минерально-сырьевой базы Воркутинского района и сопредельных территорий.

Угольные месторождения

Печорский угольный бассейн включает территории Воркутинского, Интинского районов Республики Коми и, частично Ненецкого автономного округа, находящиеся в основном севернее Полярно-



Рис. 1. Обзорная карта полезных ископаемых Воркутинского района и сопредельных территорий (составлена с использованием материалов ВСЕГЕИ, 2012–2015 гг.).

1 – нефть, 2 – каменный уголь, 3 – бурый уголь, 4 – торф, 5 – марганец, 6 – хром, 7 – железо, титан, 8 – цинк, 9 – медь, 10 – свинец, 11 – медь, молибден, 12 – молибден, 13 – алюминий, 14 – никель, 15 – цинк, свинец, 16 – золото, 17 – тантал, ниобий, 18 – мышьяк, молибден, золото, 19 – уран, 20 – барит, 21 – флюорит, 22 – фосфорит, 23 – алмазы импактные.

Fig.1. Overview map of mineral resources of the Vorkuta region and adjacent territories (compiled using materials from VSEGEI, 2012–2015).

1 – oil, 2 – coal, 3 – brown coal, 4 – peat, 5 – manganese, 6 – chromium, 7 – iron, titanium, 8 – zinc, 9 – copper, 10 – lead, 11 – copper, molybdenum, 12 – molybdenum, 13 – aluminum, 14 – nickel, 15 – zinc, lead, 16 – gold, 17 – tantalum, niobium, 18 – arsenic, molybdenum, gold, 19 – uranium, 20 – barite, 21 – fluorite, 22 – phosphorite, 23 – impact diamonds.

го круга. Сведения о геологическом строении и угленосности бассейна, ресурсах, запасах, качестве углей изложены во многих работах [1–7 и др.]. Можно отметить, что Печорский угольный бассейн является самым крупным в арктической зоне Российской Федерации и по запасам углей превосходит Сосьвинско-Салехардский, Таймырский, Яно-Омолонский, Тунгусский, Ленский, Беринговский бассейны.

Угольные месторождения приурочены в основном к Предуральскому краевому прогибу и выделяющейся в его пределах Косью-Роговской впадине, а также Коротаихинской и Карской впадинам. Промышленная угленосность связана с отложениями пермского возраста (воркутская и печорская серии). Выявлено более 270 пластов и пропластков угля. Мощность угольных пластов колеблется в основном от 0,1 до 3 м, иногда достигает 5 м и более. Выделяются Воркутский, Хальмерьюский, Коротаихинский, Шарьюско-Адзвинский, Карский, Интинский угленосные районы (рис. 2). В этих районах располагаются многочисленные угольные проявления и месторождения коксующихся и энергетических углей, в частности, Воркутское, Воргашорское, Юньягинское, Усинское, Сейдинское, Верхнероговское, Хальмерьюское, Верхнесырьягинское, Нижнесырьягинское, Паэмбойское, Янгарейское, Силовское, Тальбейское, Табьюское.

По качеству с учетом различных физико-химических показателей угли Печорского бассейна делятся на коксующиеся (марки ГЖ, Ж, К, КС, ОС, ГЖО-1) и энергетические (марки ГЖО-2, Д, ДГ, Г, ТС, Т). Коксующиеся угли являются малосернистыми и характеризуются незначительным содержанием фосфора.

Запасы углей Печорского бассейна категории А+В+С₁ составляют 6 908,8 млн т, из них в Республике Коми – 6 794,1, в НАО – 114,7 млн т. Подавляющая часть запасов углей находится в Воркутинском районе Республики Коми (в Воркутском и Хальмерьюском угленосных районах). Запасы углей основных месторождений района категории А+В+С₁ составляют 5 028,4 млн т, в том числе коксующихся 2 732,5 млн т (табл. 1).



Рис. 2. Угленосные районы и месторождения Печорского бассейна (по [2] с изменениями).

1 – западная граница Печорского бассейна; 2 – границы угленосных районов; 3 – неугленосные отложения допермского возраста; 4 – месторождения, площади и участки коксующихся углей; 5 – энергетических углей; 6 – углей смешанного типа. Цифрами на схеме обозначены месторождения разрабатываемые: 1 – Воркутское, 2 – Воргашорское, 3 – Юньягинское; неразработанные месторождения с балансовыми запасами углей: 4 – Интинское, 5 – Паэмбойское, 6 – Хальмерьюское, 7 – Верхнесырьягинское, 8 – Нижнесырьягинское, 9 – Усинское, 10 – Сейдинское, 11 – Кожимское; прочие месторождения, площади и участки: 12 – Ерьягинское, 13 – Лиурьягинское, 14 – Табьюское, 15 – Талотинское, 16 – Янгарейское, 17 – Хейягинское, 18 – Нямдинское, 19 – Силовское, 20 – Верхнероговское, 21 – Елецкое, 22 – Северная площадь Косью-Роговской впадины, 23 – Кочмесский, 24 – Ошперский, 25 – Неченское, 26 – Южная площадь Косью-Роговской впадины, 27 – Ватьярское, 28 – Тальбейское, 29 – Шарью-Заостренское, 30 – Среднеадзвинское, 31 – Кушшорское.

Fig. 2. Coal-bearing regions and deposits of the Pechora basin (according to [2], with some changes).

1 – western boundary of the Pechora basin; 2 – boundaries of coal-bearing regions; 3 – non-coal-bearing deposits of Pre-Permian age; 4 – deposits, areas, and localities of coking coals, 5 – thermal coals, 6 – mixed-type coals. The numbers in the diagram indicate the deposits under development: 1 – Vorkuta, 2 – Vorgashor, 3 – Yunyaga; undeveloped deposits with coal balance reserves: 4 – Inta, 5 – Paemboi, 6 – Khalmeryu, 7 – Upper-Syryaga, 8 – Lower-Syryaga, 9 – Usinsk, 10 – Seydin, 11 – Kozhim; other deposits, areas and localities: 12 – Eryaga, 13 – Liuryaga, 14 – Tabyu, 15 – Talotin, 16 – Yangarey, 17 – Kheyaga, 18 – Nyamdin, 19 – Silov, 20 – Upper-Rogovsk, 21 – Elets, 22 – Northern Kosyu-Rogovsk depression area, 23 – Kochmes, 24 – Oshper, 25 – Nechensk, 26 – Southern area of the Kosyu-Rogovsk depression, 27 – Vatyar, 28 – Talbey, 29 – Sharyu-Zaostrensk, 30 – Mid-Adzva, 31 – Kushshor.

Таблица 1
Запасы каменного угля в Воркутинском районе
Республики Коми

Coal reserves in the Vorkuta region
of the Komi Republic

Table 1

Районы, месторождения	Запасы, млн т			А+В/А+В+С ₁ , %*
	А+В	А+В+С ₁	С ₂	
Воркутский район:				
Воркутское	457,3 (232,3)	813,8 (366,4)	-	56,2
Воргашорское	326,9 (304,1)	1514,0 (603,5)	172,8 (14,9)	20,8
Юньягинское	15,6 (15,6)	24,4 (24,4)	-	63,8
Усинское	696,9 (696,9)	1431,6 (1431,6)	-	48,7
Сейдинское	-	375,3	57,8	0
Хальмерьюский район:				
Хальмерьюское	19,2 (16,4)	88,7 (82,3)	30,3 (24,9)	21,7
Верхнесырьягинское	-	276,6 (151,8)	74,6 (14,2)	0
Нижнесырьягинское	23,8 (23,8)	72,6 (72,6)	1,1 (1,1)	32,8
Пазмбойское	2,1	431,4	12,4	0,5
Всего, в т.ч. коксующегося угля	1541,6 1289,1	5028,4 2732,5	348,9 55,2	27,2 (среднее)

Примечание. По состоянию на 01.01.2020 г. В скобках приведены запасы коксующегося угля. Прочерк – нет данных; * – разведанность запасов.

Note. As of 01.01.2020. Coking coal reserves are shown in parentheses. Dash – no data; * – exploration of reserves.

Таблица 2
Запасы угля действующих шахт Воркутинского района
(распределенный фонд недр)

Coal reserves of the operating mines of the Vorkuta region
(distributed subsoil fund)

Table 2

Месторождения, шахты	Запасы, млн т			
	А+В	А+В+С ₁	С ₂	Забалансовые
Воркутское месторождение:				
Воркутинская	30,5	56,9	-	25,9
Комсомольская	66,9	82,9	-	42,9
Заполяная	25,1	48,4	-	13,1
Северная	21,8	34,4	-	-
Воргашорское месторождение:				
Воргашорская	22,4	76,6	3,9	6,1
Юньягинское месторождение:				
Разрез Юньягинский	2,2	3,6	-	-
Всего	169,0	302,8	3,9	78,9
Усинское месторождение	329,2	537,3	-	-
Всего	498,2	840,0	171,6	78,9

Примечание. Запасы угля Усинского месторождения и шахты «Северная» находятся в распределенном фонде недр, однако добычные работы не ведутся. Прочерк – нет данных.

Note. The coal reserves of the Usinsk deposit and the Severnaya mine are in the distributed subsoil fund, but mining operations are not carried out. Dash – no data.

Наиболее крупными являются Воргашорское, Усинское и Воркутское месторождения. Разведанность запасов различных месторождений неравномерная и не превышает 64 % (Юньягинское месторождение), в среднем составляет 27,2 %.

В Воркутинском районе в распределенном фонде недр находятся шесть шахтных полей и шесть участков Юньягинского угле-разреза для открытой угледобычи с общими запасами углей категории А+В+С₁ 840 млн т (табл. 2). АО «Воркутауголь», которое входит в холдинг ПАО «Северсталь», разрабатываются Воркутское и Воргашорское месторождения (шахты «Заполяная», «Воркутинская», «Воргашорская», «Комсомольская»). Кроме того, открытым способом разрабатывается Юньягинское месторождение (углеразрез Юньягинский). На действующих шахтах и разрезах сосредоточено 302,7 млн т углей. В Интинском районе (месторождение Интинское) добычные работы прекращены в связи с низкой востребованностью энергетических углей.

Объемы добычи угля в последние годы составляют 6–7 млн т в год (табл. 3). Заметное падение угледобычи до 5,6 млн т в 2017 г. связано с аварией на шахте «Северная» и ее консервацией. Угли используются в основном для производства кокса. Основным потребителем коксующихся углей является Череповецкий горно-металлургический комбинат (ПАО «Северсталь»).

Следует заметить, что в углях Воркутинского района, в частности в высокометаморфизованных углях, присутствует метан, ресурсы которого составляют 1 942 млрд м³ [2 и др.]. Метан является попутным компонентом и в настоящее время в ходе угледобычи дегазационными установками извлекается в объеме около 200 млн м³ в год, из них утилизируется 120–150 млн м³.

В последние годы все более обостряется проблема сокращения промышленных запасов углей разрабатываемых месторождений, что может повлечь в перспективе снижение угледобычи и последовательное закрытие действующих шахт к 2039 г. В

связи с этим, согласно заключениям ряда специалистов, важно изучение флангов и глубоких горизонтов шахт, проведение переоценки южного блока шахты «Воргашорская», оценки возможности отработки запасов шахты №33 через шахту «Заполяная» и возможности доработки запасов шахты «Се-

Таблица 3
Динамика добычи угля в Воркутинском районе, млн т
Table 3
Coal production dynamics in the Vorkuta region, million tons

Месторождения	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Воркутское	4,98	4,74	5,59	3,76	3,11	3,48	3,77	3,36
Воргашорское	3,17	2,55	2,71	2,12	2,11	2,27	2,88	3,15
Юньягинское	0,57	0,63	0,52	0,53	0,49	0,53	0,44	0,22
Всего	8,71	7,92	8,82	6,41	5,62	6,28	7,09	6,73
В т.ч. коксующего угля	8,71	7,92	6,12	4,28	3,59	4,01	5,58	6,73

Примечание. Объемы добычи угля приведены по данным маркшейдерских замеров.

Note. Coal production volumes are given according to mine survey data.

верная» со стороны шахты «Комсомольская». Это позволит продлить сроки работы угледобывающих предприятий.

Для развития угледобычи необходимо строительство новых шахт, что весьма проблематично в связи с высокими финансовыми затратами и рядом других обстоятельств. В частности, АО «Новолипецкий металлургический комбинат» отказался от освоения уже подготовленного для этого Усинского месторождения. Кроме Усинского месторождения имеется еще несколько потенциально перспективных шахтных полей. Следует учитывать, что в силу сложившейся конъюнктурной обстановки на рынке угля, в разработку могут вовлекаться небольшие объекты с дефицитными марками высококачественного угля, разработка которых возможна открытым способом. К таким объектам, кроме уже разрабатываемого Юньягинского месторождения, можно отнести Силловскую угленосную площадь.

Что касается энергетического угля, то такой уголь не является дефицитным, хотя его промышленное потребление весьма значительное. Наряду с Печорским бассейном огромные запасы энергетического угля находятся в Кузнецком и Канско-Ачинском бассейнах. Кроме того, внутренний спрос на энергетический уголь поддерживается относительно дешевой природной газом, являющегося к тому же более эффективным и экологически чистым энергетическим сырьем. В связи с этим, масштабная добыча энергетических углей в Воркутинском районе, несмотря на имеющиеся запасы, вряд ли возможна, хотя потребность в таких углях у предприятий энергетики и коммунально-бытового хозяйства республики существует, и они частично завозятся из других угледобывающих регионов.

Наряду с внутренним потреблением существуют потенциальные возможности экспорта угля. Можно заметить, что более 40 % добываемого в стране угля поставляется за рубеж. Преимущественно это энергетические угли Кузнецкого бассейна. Основными импортерами российского угля являются Китай, Южная Корея, Япония. Однако мировой угольный рынок характеризуется высокой конкуренцией и в значительной степени контролируется США, Австралией, Индонезией. В экономике экспортных поставок угля важнейшую роль играет близость угольных месторождений к морским портам.

Весьма актуальна проблема более широкого использования углей Печорского бассейна, что от-

мечается уже на протяжении многих лет [2, 3, 8 и др.]. Как известно, наряду с производством кокса для металлургии на основе углей могут быть получены синтетическое жидкое топливо, синтез-газ, различные смолы, фенолы, парафины, воски, бездымные, обеззоленные и активированные угли, компоненты для производства электродных изделий и другие продукты. Для этих целей целесообразно использование углей марок Б, Б-Д, Д, ДГ, Г, ГЖО, Ж. Интересно, что зольные отходы

от сжигания энергетических углей могут использоваться для производства искусственных цеолитов, пеностекла, поризованной керамики [9]. Высокопористое пеностекло и поризованная керамика по совокупности эксплуатационных показателей превосходят другие теплоизоляционные материалы. Они имеют низкую плотность (до 200 кг/м³) и теплопроводность (0,07 Вт/мК), высокую прочность, относятся к категории влагостойких, негорючих материалов. Эти показатели не изменяются при эксплуатации в условиях низких температур на протяжении десятилетий.

К преимуществам Печорского бассейна можно отнести высокую долю запасов коксующихся углей. Однако инвестиционная привлекательность угольных месторождений и реализация новых проектов их разработки осложняются природно-климатическими, горнотехническими условиями, а также альтернативными предложениями на угольных рынках.

Нефть и газ

Воркутинский район Республики Коми и сопредельная территория Ненецкого автономного округа входят в состав Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции и рассматриваются как перспективные в отношении нефти и газа [10, 11 и др.]. Выделяются Коротаихинский, Воркутский, Кочмесский, Интинско-Лемвинский нефтегазоносные районы и Восточно-Лемвинский потенциально нефтегазоносный район.

Перспективы нефтегазоносности Коротаихинского района связываются с каменноугольными и пермскими отложениями, представленными известняками и доломитами. Здесь выявлен ряд потенциально нефтегазоносных структур: Сырьягинская, Верхнесырьягинская и Верхнесырьягинская II. О нефтегазоносности Сырьягинской структуры косвенно свидетельствуют газопроявления известные на смежных площадях. Ряд локальных структур выявлен в северо-западной части Коротаихинского района на территории Ненецкого автономного округа.

Воркутский, Кочмесский и Интинско-Лемвинский нефтегазоносные районы находятся в пределах Косью-Роговской впадины. Наибольший интерес представляет Воркутский район. Основным тектоническим элементом этого района является Воркутское поперечное поднятие, включающее

Ярвожский купол, горст Чернова, Юньягинскую антиклинальную зону, Падимейскую зону. В Воркутском районе на территории Ненецкого автономного округа уже известно Падимейское нефтяное месторождение, установлены Ярвожская и Западно-Ярвожская локальные структуры. В качестве нефтегазоматеринских рассматриваются толщи силурийско-нижнедевонского, доманиково-турнейского, нижнепермского и верхнепермского возраста. В одной из скважин Ярвожской площади получен приток нефти из нижнедевонских отложений, газопроявления отмечались при бурении скважин на Юньягинской площади из отложений среднего девона.

Интинско-Лемвинский и Кочмесский нефтегазоносные районы расположены южнее Воркутского, находящегося также в пределах Косью-Роговской впадины. На территории Интинско-Лемвинского района выявлены Амшорская, Верхнеолховейская, Воравожская структуры, представляющие интерес в отношении свободного газа. Потенциально газоносными являются отложения нижнего карбона-перми, представленные карбонатными осадками. В Кочмесском районе Косью-Роговской впадины, а также в Восточно-Лемвинском районе Западно-Уральской складчато-надвиговой зоны на территории Воркутинского района локальные потенциально нефтегазоносные структуры пока не выявлены.

Анализ имеющихся геологических материалов показывает, что перспективы поисков промышленных месторождений нефти и газа в Воркутинском районе связаны главным образом с зонами развития органогенных построек различного типа позднедевонского возраста и со структурами их облекания, со средневизейско-нижнепермскими отложениями внутреннего борта Косью-Роговской впадины.

Металлические и неметаллические полезные ископаемые

Месторождения и проявления металлических и неметаллических полезных ископаемых находятся в восточной части Воркутинского района на западном склоне Полярного Урала, характеризующегося сложным геологическим строением, неоднократным проявлением тектоно-магматических, метаморфических, гидротермально-метасоматических процессов и связанных с ними процессов рудообразования. Выделяется Полярно-Уральская металлогеническая зона, которая, в свою очередь, делится на рудные узлы и поля. К числу основных полезных ископаемых относятся хром, медь, золото, бариты [12, 13 и др.].

Хром. На Полярном Урале сосредоточены значительные ресурсы и запасы хромовых руд. На его восточном склоне в Ямало-Ненецком автономном округе в пределах Райизского ультрабазитового массива выявлено несколько месторождений, в том числе разрабатывающееся в настоящее время месторождение Центральное. Суммарные запасы хромовых руд этого месторождения по категории $A+B+C_1$ оцениваются в 842 тыс. т, категории C_2 – 1748 тыс. т. Хромовые руды поставляются на Челябинский электрометаллургический комбинат.

В Воркутинском районе в северной части Войкаросыньинского ультрабазитового массива известны перспективные хромитоносные площади, представляющие интерес для постановки поисковых работ [14 и др.]. Выделяется Хойлинско-Лагортинский рудный узел, включающий Хойлинское, Кечпельское, Юньягинское, Водораздельное, Харотское проявления. Хромовые руды связаны с дунитами, гарцбургитами, войкаритами и делятся на густовкрапленные (содержание Cr_2O_3 – 45% и более), средневкрапленные и редковкрапленные. Форма рудных тел линзовидная, трубообразная. Рудные минералы представлены ферриалюмохромитом, алюмохромитом, хромпикотитом. В хромовых рудах известны находки минералов платиновых металлов. Установлены, в частности, минералы палладия и самородное золото, отвечающие гидротермально-метасоматической стадии минералообразования, наложенной как на хромовые руды, так и на вмещающие породы [15 и др.]. Ресурсы хромовых руд Хойлинско-Лагортинского узла категории $P_1+P_2+P_3$ составляют 39,2 млн т, в том числе Кечпельского проявления – 26,8, Хойлинского – 12,4 млн т.

Медь. На Полярном Урале выявлены проявления меди, относящиеся к типу медистых песчаников. Наиболее крупным является Саурипейское проявление, расположенное в 50 км восточнее железнодорожной станции Хальмерью. Это проявление локализовано в песчаниках манитаньрдской свиты нижнего ордовика. Рудоносный горизонт прослежен на 2,5 км по простиранию при мощности 110 м. Рудные тела имеют линзовидную форму. Их мощность колеблется от 0,7 до 14,7 м. Рудные минералы представлены самородной медью, халькопиритом, малахитом, ковеллином, купритом, халькозином, борнитом. На глубине преобладает борнит-халькозиновая минерализация. В качестве попутного компонента присутствует серебро. Ресурсы меди категории P_2 составляют 300 тыс. т, серебра – 1000 т [12].

Следует отметить также Молюдвожское проявление, в общих чертах подобное Саурипейскому. Прогнозные ресурсы меди этого проявления составляют 50 тыс. т, серебра – 10 т.

Золото. В ряде районов Полярного Урала известны коренные и россыпные проявления золота. Наиболее изученным является Манитаньрдский район, в пределах которого широко развита гидротермальная золото-сульфидная, золото-сульфидно-кварцевая минерализация, локализованная в доордовикских вулканогенных, вулканогенно-терригенных и терригенных породах [16, 17 и др.].

Рудоконтролирующими структурами являются разрывные нарушения северо-восточного простирания. Выделяется Нияжская рудная зона, в пределах которой выявлены крупное рудопроявление Верхненияжское-2 (рассматривающееся как месторождение) и ряд более мелких проявлений: Верхненияжское-1, Нияжское-1, Нияжское-2, Верхнелекелецкое, Ягодное и пунктов минерализации. В северной части района установлена золотоносная россыпь Естошор. По минеральному составу руды являются преимущественно золото-арсено-

пирит-пиритовыми. Золото находится в тесной ассоциации с сульфидами и часто наблюдается в виде мельчайших включений в пирите и арсенопирите. Запасы золота Верхнеиняюского-2 месторождения категории C_2 составляют 3,4 т, серебра – 10,9 т, мышьяка – 11,8 тыс. т [12 и др.).

Манитаньрдский район представляет интерес для проведения дальнейших поисковых работ. Наращивание ресурсного потенциала золота возможно за счет проведения поисковых работ на площади, включающей рудопроявления Верхнеиняюское-1, Ягодное, Нияхойское-2, Нияхойское-1, локализованных в сильно рассланцованных и катаклазированных породах с широким развитием в них вкрапленной и прожилково-вкрапленной золото-сульфидной минерализации. Вместе с этим, большого внимания заслуживают коры выветривания, которые также могут быть золотоносными.

Бариты. На Полярном Урале в непосредственной близости от хромовых проявлений выделяется Собско-Пальникский баритовый район. Здесь находятся Хойлинское рудное поле с Хойлинским месторождением и Малохойлинским проявлением и Пальникское рудное поле с Пальникским проявлением [18, 19]. Качество руд достаточно высокое, среднее содержание $BaSO_4$ составляет 84,6%, значительная их часть практически без обогащения пригодна для производства утяжелителей буровых растворов. Вместе с этим барит может использоваться в цементной, бумажной, стекольной, химической, лакокрасочной промышленности, при производстве пластмасс, керамики. Запасы руды участков, подготовленных для открытой разработки категорий В+С₁, составляют 1,8 млн т, общие запасы руды месторождения категорий В+С₁+С₂ – 9 млн т, ресурсы – около 7 млн т. На Малохойлинском и Пальникском проявлениях и сопредельных участках запасы баритовой руды категории C_2 оценены в 7,7 млн т, ресурсы – 9,1 млн т.

Хойлинское месторождение разрабатывалось с 1998 г. в течение нескольких лет. В 2009 г. предприятие было закрыто в связи с проблемами реализации баритовых концентратов. В настоящее время месторождение не осваивается и находится в нераспределенном фонде недр. Тем не менее, на наш взгляд, имеются и геологические, и геолого-экономические предпосылки возобновления эксплуатации Хойлинского месторождения. Важными преимуществами месторождения являются те, что оно относится к собственно баритовым, качество руд высокое, запасы значительные. Возможен прирост запасов и вовлечение в промышленный оборот рядом расположенного Малохойлинского месторождения с использованием единой инфраструктуры. Конечно, выход на рынок баритового сырья требует значительных первичных инвестиций и осложняется конкуренцией со стороны как российских, так и зарубежных поставщиков.

Строительные материалы и другие полезные ископаемые. В связи с возможным в перспективе дорожным и промышленным строительством особо следует отметить имеющиеся в Воркутинском районе и Ненецком автономном округе проявления и месторождения различных строи-

тельных материалов. В качестве щебня и бутового камня пригодны магматические породы (габбро, граниты), кварциты и кварцевые песчаники. Карбонатные породы могут использоваться для производства извести, а карбонатные и глинистые – для производства цемента, опоки, как высококремнистые породы, – для производства теплоизоляционных материалов. Важными строительными материалами, потребность в которых весьма высока при различных видах работ, являются достаточно широко распространенные песчано-гравийные и песчано-гравийно-галечные отложения. Строительные материалы, в частности щебень, могут быть в больших объемах востребованы при строительстве, прокладке железнодорожной магистрали – Северного широтного хода.

Наряду с отмеченными выше полезными ископаемыми в рассматриваемом регионе и на сопредельных территориях имеются проявления, месторождения и пункты минерализации меди, свинца и цинка, марганца, редких и редкоземельных элементов, золота, флюорита, баритов, фосфоритов, горного хрусталя и высококачественного жильного кварца, асбеста, глин, цеолитов, мусковита, бирюзы, янтаря, яшмоидов [13, 20–22 и др.]. К наиболее крупным и относительно близко расположенным объектам, находящимся в Ненецком и Ямало-Ненецком автономном округах, кроме уже отмеченного выше месторождения хромовых руд Центральное и ряда перспективных площадей, относятся Центральнопайхойская зона развития платиноидно-медно-никелевых проявлений, Амдерминское флюоритовое месторождение, Кара-Силовский марганцевоносный узел, Войшорское баритовое месторождение, Лекын-Тальбейское медно-молибденовое проявление, Саурейское свинцовое и Харбейское молибденовое проявления, золоторудные месторождения Новогоднее Монто и Петропавловское.

Заключение

В Воркутинском районе Республики Коми, входящем в состав Российской Арктической зоны, имеются запасы и ресурсы каменного угля, нефти и газа, хромовых, марганцевых и медных руд, золота, барита и других полезных ископаемых. Важнейшими были и остаются месторождения коксующихся углей Печорского бассейна, разработка которых является основой существования г. Воркута. Запасы коксующихся углей значительные, однако обеспеченность ими действующих горнодобывающих предприятий становится все более ограниченной. Тем не менее, можно прогнозировать относительно устойчивое состояние угледобычи в среднесрочной и даже долгосрочной перспективе. Однако объемы угледобычи в последние годы являются все-таки невысокими. Для развития угледобывающей отрасли и поддержания города необходимо строительство новых шахт. Пока это остается проблематичным, но вполне вероятно в условиях, в частности, возможного роста металлургических компаний, являющихся основными потребителями коксующегося угля.

В отличие от коксующегося угля востребованность энергетического угля Печорского бассейна существенно сократилась. Это обусловлено конкуренцией на угольных рынках, обостряющимися экологическими проблемами, вытеснением угля более дешевым природным газом, нарастающим развитием зеленой энергетики, в том числе солнечной, водородной. Тем не менее, можно полагать, что энергетические угли, учитывая колебания рыночной конъюнктуры, будут востребованы.

Наряду с месторождениями угля в Косью-Роговской и Коротаихинской впадинах имеются локальные потенциально нефтегазоносные структуры. На западном склоне Полярного Урала находится ранее разрабатывавшееся Хойлинское баритовое месторождение. Заслуживают внимания и дальнейшего геологического изучения ряд рудных районов, в пределах которых известны проявления хромовых, медных, марганцевых руд, золота. К наиболее перспективным можно отнести Манитаньрдский золотоносный район.

Для расширения и освоения минерально-сырьевой базы Воркутинского района, решения социально-экономических проблем большое значение имеет развитие региональной транспортной инфраструктуры. Реализация планов строительства железных дорог, выход к Северному морскому пути могут способствовать, в частности, увеличению объемов угледобычи и более масштабным поставкам угля с использованием морского транспорта, повышению инвестиционной привлекательности арктических территорий.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ и правительства Республики Коми в рамках научного проекта № 20-45-110006 p_a.

Литература

1. Угольная база России. Т. 1. Угольные бассейны и месторождения европейской части России (Северный Кавказ, Восточный Донбасс, Подмосковский, Камский и Печорский бассейны, Урал) / Гл. ред. В. Ф. Череповский. М.: ЗАО «Геоинформакс», 2000. 483 с.
2. Атлас пермских углей Печорского бассейна / В.П. Куклев, И.В. Пичугин, А.В. Подмарков, С.К. Пухонто, Н.В. Тимонина, Г.В. Трапезников М.: Научный мир, 2000. 232 с.
3. Бурый О.В., Калинина А.А., Луканичева В.П. Роль топливного сектора субарктических районов в экономике Республики Коми // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2013. № 5 (29). С. 65–76.
4. Состояние и проблемы освоения сырьевой базы угля и горючих сланцев / А.П. Боровинских, М.Б. Тарбаев, М.Я. Попов, А.З. Сегаль, А.П. Шипунов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2015. № 4. С. 60–65.
5. Коксующиеся угли Печорского бассейна / И.С. Бредихин, И.Б. Гранович, В.А. Дедеев, В.П. Куклев, И.В. Пичугин, Ю.В. Степанов, Л.П. Телехов, А.П. Шипунов. Сыктывкар: Коми филиал АН СССР, 1985. 128 с.
6. Энергетические угли Печорского бассейна / И.Б. Гранович, В.А. Дедеев, О.В. Заборин, В.В. Золотова, В.П. Куклев, И.В. Пичугин, Ю.В. Степанов, Л.П. Телехов, А.П. Шипунов. Сыктывкар: Коми филиал АН СССР, 1987. 176 с.
7. Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2019 году / Гл. ред. Е.А. Киселев / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. М., 2020. 494 с.
8. Нетрадиционные источники углеводородного сырья арктической зоны европейского Северо-Востока России как основа развития новых отраслей промышленности / И.Н. Бурцев, Д.А. Бушнев, О.С. Котик, Д.В. Кузьмин, Д.О. Машин, И.Г. Бурцева // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2015. № 3(23). С. 71–78.
9. Шушков Д.А., Котова О.Б., Шабалин И.Л., Ванг Ю. Синтез цеолитов из золы уноса воркутинских теплоэлектростанций и их сорбционные свойства // Минералогия техногенеза. 2017. № 18. С. 174–189.
10. Прищепа О.М., Отмас А.А., Куранов А.В. Состояние и перспективы ресурсной базы углеводородов в Тимано-Печорском регионе // Геология нефти и газа. 2012. № 5. С. 75–80.
11. Результаты оценки начальных суммарных ресурсов углеводородного сырья Республики Коми / А.В. Куранов, А.А. Кутлинский, М.С. Желудова, С.Ю. Матвеева, Н.А. Зегер // Горный журнал. 2013. № 9. С. 57–61.
12. Недрa Северо-Запада Российской Федерации / В.А. Коровкин, Л.В. Турылева, Д.Г. Руденко, В.А. Журавлев, Г.Н. Ключникова. СПб.: Изд-во СПб. картфабрики ВСЕГЕИ, 2003. 520 с.
13. Основные черты геологического строения и минерально-сырьевой потенциал Северного, Приполярного и Полярного Урала / Ред. А.Ф. Морозов, О.В. Петров, А.Н. Мельгунов. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010. 274 с.
14. Макеев А.Б., Перевозчиков Б.В., Афанасьев А.К. Хромитоносность Полярного Урала. Сыктывкар: Коми филиал АН СССР, 1985. 152 с.
15. Минералогические особенности хромовых руд Лагортинско-Кершорской площади на Полярном Урале / С.К. Кузнецов, Р.И. Шайбеков, М.М. Гайкович, Р.А. Ковалевич, М.В. Вокуев, С.С. Шевчук // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2013. № 2 (42). С. 73–82.
16. Кузнецов С.К., Майорова Т.П., Сокерина Н.В., Филиппов В.Н. Золоторудная минерализация Верхнеиякутского месторождения на Полярном Урале // Записки Российского минералогического общества. 2011. № 4. С. 58–71.
17. Ефанова Л.И., Кузнецов С.К., Тарбаев М.Б., Майорова Т.П. Золотоносность Манитаньрдского района и перспективы наращивания ресурсного потенциала (Полярный Урал) // Руды и металлы. 2020. № 3. С. 39–51.

18. Юшкин Н.П., Кунц А.Ф., Таранина Т.И. Бариты Урало-Пайхойской провинции. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 338 с.
19. Герасимов Н.Н. Добыча и переработка баритового сырья // Горный журнал. 2007. № 3.С. 75–79.
20. Литошко Д.Н. Топоминералогия медно-молибденитовой рудной формации Полярного Урала. Л.: Наука, 1988. 212 с.
21. Шайбеков Р.И. Платиносульфидная минерализация в габбро-долеритах Пай-Хоя. Сыктывкар, 2013. 108 с.
22. Юшкин Н.П., Кунц А.Ф., Тимонин Н.Н. Минералогия Пай-Хоя. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 290 с.

References

1. Ugol'naya baza Rossii. Tom 1. Ugol'nyye basseyny i mestorozhdeniya evropeyskoy chasti Rossii (Severnnyy Kavkaz, Vostochnyy Donbass, Podmoskovnyy, Kamskiy i Pechorskiy basseyny, Ural) [Coal base of Russia. Vol. 1. Coal basins and deposits of the European part of Russia (North Caucasus, Eastern Donbass, Moscow region, Kama and Pechora basins, Urals)] / Ed. V.F. Cherepovsky. Moscow: CJSC "Geoinformak", 2000. 483 p.
2. Atlas permskikh ugley Pechorskogo basseyna [Atlas of Permian coals of the Pechora basin] / V.P.Kuklev, I.V.Pichugin, A.V.Podmarkov, S.K.Pukhonto, N.V.Timonina, G.V.Trapeznikov. Moscow: Nauchny mir [World of science], 2000. 232 p.
3. Bury O.V., Kalinina A.A., Lukanicheva V.P. Rol' toplivnogo sektora subarkticheskikh rayonov v ekonomike Respubliki Komi [The role of the fuel sector in the subarctic regions in the economy of the Komi Republic] // Ekonomicheskkiye i sotsial'nyye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz [Economic and social changes: facts, trends, forecast]. 2013. № 5 (29). P. 65–76.
4. Sostoyaniye i problemy osvoyeniya syr'yevoy bazy uglya i goryuchikh slantsev [State and problems of development of the raw material base of coal and oil shales] / A.P. Borovinskikh, V.B. Tarbaev, M.Ya. Popov, A.Z. Segal', A.P. Shipunov // Mineral'nyye resursy Rossii. Ekonomika i upravleniye [Mineral resources of Russia. Economics and Management]. 2015. № 4. P. 60–65.
5. Koksuyushchiyesya ugli Pechorskogo basseyna [Coking coals of the Pechora basin] / I.S. Bredikhin, I.B. Granovich, V.A. Dedeev, V.P. Kuklev, I.V. Pichugin, Yu.V. Stepanov, L.P. Telekhov, A.P. Shipunov. Syktывkar: Komi Branch, USSR Ac. Sci., 1985. 128 p.
6. Energeticheskiye ugli Pechorskogo basseyna [Power coal of the Pechora basin] / I.B. Granovich, V.A. Dedeev, O.V. Zaborin, V.V. Zolotova, V.P. Kuklev, I.V. Pichugin, Yu.V. Stepanov, L.P. Telekhov, A.P. Shipunov. Syktывkar: Komi Branch, USSR Ac. Sci., 1987. 176 p.
7. Gosudarstvennyy doklad o sostoyanii i ispol'zovanii mineral'no-syr'yevykh resursov Rossiyskoy Federatsii v 2019 godu [State report on the state and use of mineral resources of the Russian Federation in 2019] / Ch.ed. E.A. Kiselev / Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation. Moscow, 2020. 494 p.
8. Netraditsionnyye istochniki uglevodorodnogo syr'ya arkticheskoy zony evropeyskogo Severo-Vostoka Rossii kak osnova razvitiya novykh otrasley promyshlennosti [Unconventional sources of hydrocarbons in the Arctic zone of the European North-East of Russia as a basis for the development of new industries] / I.N. Burtsev, D.A. Bushnev, O.S. Kotik, D.V. Kuzmin, D.O. Mashin, I.G. Burtseva // Proc. of Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. 2015. № 3(23). P. 71–78.
9. Shushkov D.A., Kotova O.B., Shabalin I.L., Vang Yu. Sintez tseolitov iz zoly unosa vorkutinskikh teploelektrostantsiy i ikh sorbtionnyye svoystva [Synthesis of zeolites from fly ash of Vorkuta thermal power plants and their sorption properties] // Mineralogy of technogenesis. 2017. № 18. P. 174–189.
10. Prishchepa O.M., Otmas A.A., Kuranov A.V. Sostoyaniye i perspektivy resursnoy bazy uglevodorodov v Timano-Pechorskom regione [State and prospects of the hydrocarbon resource base in the Timan-Pechora region] // Oil and Gas Geology. 2012. № 5. P. 75–80.
11. Rezul'taty otsenki nachal'nykh summarnykh resursov uglevodorodnogo syr'ya Respubliki Komi [Results of the assessment of the initial total hydrocarbon resources of the Komi Republic] / A.V. Kuranov, A.A. Kutlinsky, M.S. Zheludova, S.Yu. Matveeva, N.A. Zeger // Mining J. 2013. № 9. P. 57–61.
12. Nedra Severo-Zapada Rossiyskoy Federatsii [Subsurface resources of the North-West of the Russian Federation] / V.A. Korovkin, L.V. Turyleva, D.G. Rudenko, V.A. Zhuravlev, G.N. Klyuchnikova. St.Petersburg: VSEGEI Map Factory Publ., 2003. 520 p.
13. Osnovnyye cherty geologicheskogo stroeniya i mineral'no-syr'yevoy potentsial Severnogo, Pripolyarnogo i Polyarnogo Urala [The main features of the geological structure and mineral resources potential of the Northern, Subpolar and Polar Urals] / Ed. A.F. Morozov, O.V. Petrov, A.N. Mel'gunov. St.Petersburg: VSEGEI Publ., 2010. 274 p.
14. Makeev A.B., Perevozchikov B.V., Afanasyev A.K. Khromitnosnost' Polyarnogo Urala [Chromite content of the Polar Urals]. Syktывkar: Komi Branch, USSR Ac. Sci., 1985. 152 p.
15. Mineralogicheskiye osobennosti khromovykh rud Lagortinsko-Kershorskoy ploshchadi na Polyarnom Urale [Mineralogical features of chrome ores of the Lagortinsk-Kershor area in the Polar Urals] / S.K. Kuznetsov, R.I. Shaibekov, M.M. Gaikovich, R.S. Kovalevich, M.V.Vokuev, S.S. Shevchuk // Proc. of Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. 2013. No. 2(14). P. 73–82.
16. Kuznetsov S.K., Maiorova T.P., Sokerina N.V., Filippov V.N. Zolotorudnaya mineralizetsiya Verkhneniyayuskogo mestorozhdeniya na

- Polyarnom Urale [Gold ore mineralization of the Upper-Niyayus deposit in the Polar Urals] // Notes of the Russian Mineralogical Society. 2011. № 4. P. 58–71.
17. *Efanova L.I., Kuznetsov S.K., Tarbaev M.B., Maiorova T.P.* Zolotonosnost' Manitanyrdskogo rayona i perspektivy narashchivaniya resursnogo potentsiala (Polyarnyy Ural) [Gold-bearing capacity of the Manitanyrd region and the prospects for increasing the resource potential (Polar Urals)] // Rudy i metally [Ores and metals]. 2020. № 3. P. 39–51.
18. *Yushkin N.P., Kunts A.F., Taranina T.I.* Barity Uralo-Paykhoyskoy provintsii [Barites of the Ural-Pay-Khoy province]. Ekaterinburg: Ural Branch, RAS, 2002. 338 p.
19. *Gerasimov N.N.* Dobycha i pererabotka baritovogo syr'ya [Extraction and processing of barite raw materials] // Mining J. 2007. № 3. P. 75–79.
20. *Litoshko D.N.* Topomineralogiya mednomolibdenitovoy rudnoy formatsii Polyarnogo Urala [Topomineralogy of copper-molybdenite ore formation of the Polar Urals]. Leningrad: Nauka, 1988. 212 p.
21. *Shaibekov R.I.* Platinosul'fidnaya mineralizatsiya v gabbro-doleritakh Pay-Khoya [Platinum sulfide mineralization in gabbro-dolerites of Pay-Khoy]. Syktyvkar, 2013. 108 p.
22. *Yushkin N.P., Kunts A.F., Timonin N.N.* Minerageniya Pay-Khoya [Minerageny of Pay-Khoy]. Ekaterinburg: Ural Branch, RAS, 2007. 290 p.

Статья поступила в редакцию 14.05.2021

УДК 551.433
DOI 10.19110/1994-5655-2021-3-75-81

Е.С. ПОНОМАРЕНКО

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ВЕРХНЕ-ПЕЧОРСКОГО ОТРЯДА А.А. ЧЕРНОВА

*Институт геологии и м. акад. Н.П. Юшкина
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар*

esponomarenko@geo.komisc.ru

E.S. PONOMARENKO

GEOLOGICAL RESULTS OF THE A.A. CHERNOV UPPER-PECHORA TEAM

*N.P.Yushkin Institute of Geology, Federal
Research Centre Komi Science Centre,
Ural Branch, RAS,
Syktvkar*

Аннотация

1921 год знаменует собой начало планомерного и систематического изучения севера Урала, основу которому положили исследования Верхне-Печорского геологического отряда под руководством А.А. Чернова в бассейне р. Илыч. Изучение этой территории продолжается до сих пор, и автор статьи дает ретроспективный анализ некоторых заключений, данных А.А. Черновым в своем предварительном отчете 1922 г.

Ключевые слова:

Северный Урал, геологические исследования, рифы, свинцовые руды, графит

Abstract

The year 1921 marks the beginning of a systematic study of the north of the Urals, which was initiated by the research of the Upper Pechora Geological Team under the leadership of A.A. Chernov, conducted in the Ilych River basin. The research of this territory continues to this day, the author of this paper gives a retrospective analysis of some of A.A. Chernov conclusions in his preliminary report of 1922. The history and some results of the study of Paleozoic reef formations are discussed. They are widely distributed in the Ilych River basin and poorly subjected to secondary transformations. A.A. Chernov, in his report, described the bright prospects of the graphite discovered during research. However, upon further investigation, Ilych graphite turned out to be a "beautiful fairy tale" and, after the discovery of the Pechora coal basin, it was forgotten. The history of the study and repeated attempts to explore and extract lead ores in the Shantym-Priluk tract, which lasted almost until the 1960s of the XX century, is considered.

Keywords:

Northern Urals, geological studies, reefs, lead ores, graphite

Введение

С 1921 г. началось планомерное и систематическое геологическое изучение Коми края [1–5]. По инициативе В.И. Ленина при ВСНХ была образована Северная научно-промысловая экспедиция (СНПЭ) для комплексного изучения северных районов страны, развернувшая грандиозные исследования на европейском Севере [2]. В составе СНПЭ был организован Верхне-Печорский геологический отряд под руководством А.А. Чернова, работавший в бассейне р. Илыч. Одними из основных задач этой экспедиции являлись поиски углей в каменноугольных отложениях, аналогичных тем, что добывались в более южных районах – в Кизеловском бассейне [6].

В 1922 г. в 14-м выпуске Трудов СМПЭ были опубликованы предварительные результаты исследований, проведенных в 1921 г. Никоим образом не претендуя на всеобъемлющее рассмотрение результатов экспедиции, автор статьи даёт ретроспективный анализ некоторых моментов, отмеченных А.А. Черновым в этом отчете. Цитаты и географические названия здесь приведены без изменения орфографии и стиля написания.

1. Верхне-Печорский геологический отряд

Верхне-Печорский геологический отряд состоял из шести человек: А.А. Чернов – профессор Московского университета в качестве начальника отряда, В.А. Варсанюфьева – преподаватель того же университета в качестве помощника начальника, Т.И. Новикова – преподаватель-ассистент того же университета в качестве специалиста-палеонтолога, Т.А. Добролюбова, оставленная при том же университете в качестве специалиста-геолога, А.И. Погарская – студентка Института народного образования в г. Иваново-Вознесенске в качестве коллектора и Е.Г. Батюшкова в качестве коллектора и заведующего хозяйственной частью отряда [7].

Отряд выехал из Москвы 8 июня через Вологду, Вятку, Котлас, Усть-Сысольск, Троицко-Печорск, с. Усть-Илыч. Большую задержку вызвал участок дороги от Усть-Кулома до Троицко-Печорска, когда пришлось нанимать подвод и везти на них все снаряжение и продовольствие. В Усть-Илыче было нанято пять лодок и 11 лодочников-зырян. Экспедиция вернулась обратно в Усть-Илыч 5-8 сентября, а в Москву – 22 октября «...использовав на самые исследования несколько меньше 2 мес.» [7, с. 19]. Распределение работ между сотрудниками было следующим (рис. 1):

1. Весь отряд поднялся по р. Илыч до устья р. Егра-Ляга и предпринял восхождение на горы Кос-Из и Болван-Из.

2. В.А. Варсанюфьева взяла на себя главным образом изучение вершин Северного Урала и более детальное исследование выходов нижнего силура (ныне – ордовик). Ею были осмотрены также Торре-Порре-из, Большой Болван-из (Яны-пупу-нер) и Шежим-из. Вернулась Вера Александровна на р. Илыч через р. Кожим-ю, где встретилась с А.А. Черновым, далее совместно посетили г. Кычиль-Из [7].

3. А.А. Чернов вместе с Е.Г. Батюшковой взяли на себя изучение верхнего течения р. Илыч. Они исследовали р. Илыч на 135 верст выше устья р. Егра-Ляга, дойдя до деревни Нырыс Луг (ныне не существует), а также его приток Пирс-ю. Вместе с В.А. Варсанюфьевой они спустились по р. Илыч к устью Ег-

ра-Ляги, где встретились с Т.А. Добролюбовой.

4. Т.А. Добролюбова с А.И. Погарской занимались детальными исследованиями р. Илыч от устья р. Испердью до р. Егра-Ляга. Также Т.А. Добролюбова «...выполнила две экскурсии на притоки Илыча, Шежем и Кось-ю» [7, с. 20].

5. Т.М. Новикова взяла на себя исследования р. Илыч ниже р. Испердью с притоком Когель.

2. Геологические результаты

А.А. Чернов отмечал, что бассейн р. Илыч дает прекрасные разрезы разнообразных палеозойских «напластований», начиная с нижнего силура и кончая довольно «высокими пермскими слоями». Отметим некоторые из этих результатов.

2.1. Рифогенные образования

А.А. Чернов [7] отмечал, что «...в верхнем течении Илыча можно установить развитие несвойственной Уралу известняково-рифовой фации силура с многочисленными *Halysites* и *Favosites*». Этой небольшой фразой открывается изучение биогермных образований на севере Урала. Очевидно, что в 20-х гг. XX в. их открытию ещё не придавалось большого значения, так как первая нефтяная залежь Кэпитан в рифовых коллекторах была открыта только в 1926 г. [8], а в нижнепермских построениях Приуралья – в начале 30-х гг. XX в. [9, 10]. Интерес к ископаемым рифам резко возрос во вто-



Рис. 1. Карта-схема маршрутов следования разных сотрудников Верхне-Печорского геологического отряда в бассейне р. Илыч. I – расположение выходов «несвойственной Уралу известняково-рифовой фации силура с многочисленными *Halysites* и *Favosites*»; II – область распространения Илычского «графита»; III – скала Шантым-Прилук со свинцовыми сульфидными рудами. Названия населенных пунктов, существовавших в начале XX в., даны по устным сообщениям егерей Печоро-Илычского заповедника.

Fig. 1. Schematic map of the routes of different employees of the Upper Pechora Geological Team in the Ilych River basin. I – location of the outcrops of the "Silurian limestone-reef facies with numerous *Halysites* and *Favosites* that are not typical of the Urals"; II – the area of distribution of the Ilych "graphite"; III – Shantym-Priluk rock with lead sulfide ores. The names of settlements that existed at the beginning of the XX century are given according to the reports of the huntsmen of the Pechora-Ilych Reserve.

рой половине и в конце 1950-х гг., когда были открыты месторождения углеводородов в девонских рифах Тимано-Печорской и Волго-Уральской провинций [10]. В настоящее время рифогенные образования Тимано-Североуральского региона являются одними из перспективных объектов разведки на углеводородное сырье. А.А. Чернов также указывал на наличие девонских рифовых фаций с многочисленными *Pentamerus* [7], которые, по-видимому, являются верхнесилурийским рифом Илыч [11, 12]. Развитие *Pentamerus* (сейчас *Conchidium*) *vogulicum* в бассейне р. Илыч впервые установил А. Кейзерлинг; тогда этот важный зональный род брахиопод, обитавший на рифовых отмелях, считался раннедевонской формой [13].

В целом, ископаемые органогенные сооружения в бассейне р. Илыч имеют широкое распространение и длительную историю изучения, детальный анализ которого выходит за рамки настоящей статьи. На данном этапе исследования здесь известны верхнеордовикские, нижнесилурийские, верхнесилурийские, нижнедевонские, нижнекаменноугольные, верхнекаменноугольные и нижнепермские органогенные постройки [1, 11, 14, 15, 16, 17 и др.]. Отличительной их особенностью является практически полное отсутствие вторичных изменений (например, доломитизация). Описанные из верхнесилурийского рифа Илыч губки *Aphrosalpinx* изучались совместно А.И. Антошкиной и С. Soja в 1998 г. Ими установлена уникальная схожесть ассоциаций рифостроящих организмов верхнесилурийских рифов Урала и Аляски, что позволило сделать вывод, что миграционный обмен биот в среднем палеозое вдоль северного окончания палеоконтинентов Балтика и Лаврентия мог осуществляться Уральским морским путем [11, 18]. В последние годы (2014 и 2015 гг.) активно изучался верхнеордовикский риф на р. Б. Косью (правый приток р. Илыч), в составе которого сделаны уникальные находки сфинктозойных губок *Corymbospongia* sp. [19, 20].

Однако «несвойственная Уралу» фация биогермных вторичных доломитов с многочисленными *Halyites* и *Favosites*, вскрытая на реках Кожим-ю и Пырсу-ю (левые притоки Илыча), до сих пор детально не изучена.

2.2. Графит

А.А. Чернов [7, с. 23–24] писал: «Безусловный интерес в практическом отношении представляют громадные залежи графита. Несмотря на отсутствие в литературе данных об этом ископаемом, в 1916 г. от какой-то лондонской фирмы на него были произведены разведки под руководством инж. В.С. Черновского...»

Графит. Залегаёт в форме графитовых сланцев, подчинённых свите кристаллических известняков. Не подлежит сомнению, что графитовый сланец представляет метаморфизованные пласты угля, по-видимому, нижнекаменноугольного возраста. Даже в естественных выходах выделяются толщи довольно чистого графита мощностью до 6 метр. Большею частью он сохраняет форму сланца, но в устье Егра-Ляга превращён в землистую массу, по-видимому, тоже высокого

качества. Полоса графитовых сланцев протягивается по нижнему течению Егра-Ляга, верст на 15, выходит на Илыч и идет по нему верст на 8, причем в более высоком течении реки есть ещё выходы той же свиты.

Нахождение на Урале столь значительных толщ графита, имеющего непосредственную ценность, косвенным образом представляет ещё один практический интерес. Как известно, на западном склоне Сев. Урала нет значительных толщ каменного угля и все попытки найти промышленный уголь к северу от известных месторождений Кизеловского завода и Луньевки пока не увенчались успехом... Вдали от магматических очагов, около которых произошла метаморфизация угля в графит, можно ожидать нахождение неизменных пластов каменного угля. Мы должны направить свое внимание в эту сторону, принимая во внимание малую исследовательность Северного Урала и даже полную неизвестность значительных участков его».

Столь радужные перспективы потенциальной угленосности севера Урала, нарисованные А.А. Черновым, привели, как известно, к открытию пермских (не каменноугольных) углей в бассейне р. Усы. Но Илычский графит, в итоге, оказался никому не нужным. Если до середины 20-х гг. XX в. он ещё упоминался среди полезных ископаемых, то в последующих публикациях Александра Александровича – нет. В чем же дело?

В.А. Варсанюфьева, лучшая ученица Чернова, в 1925 г. писала [21]: «Кроме свинцовой руды, в толще верхнего силура, представленной серией доломитов и известковых сланцев, указывались залежи графита. Представление об этих залежах сильно преувеличено. Мы собственно не имеем здесь выходов графита. В серии известковых пород верхнего силура мы имеем пласты углисто-известкового сланца, местами дающие жирные марающие сланцы графитового типа, вскипающие, однако, с кислотой и обнаруживающие под микроскопом сложение из мельчайших кристаллов кальцита (диаметр в сотых долях миллиметра), между которыми рассеяны углистые частицы. При разрушении и размытии этих толщ может быть произведено растворение известковых частиц и накопление углистых элементов. Такие вторичные залежи недалеко от д. Усть-Ляги и были приняты за месторождение графита».

Позднее сам А.А. Чернов [22] писал: «Большие свиты графитовых сланцев экспедицией 1921 г. обнаружены в бассейне Илыча, с одной стороны по самому Илычу выше Егра-Ляга, с другой стороны – по самой Егра-Ляге и по М. Ляге. Кроме того, по Егра-Ляге вблизи устья раскопкой была вскрыта особая «графитовая землистая масса», которая в 1916 г. разрабатывалась инж. В.С. Черновским от какой-то лондонской фирмы. Она залегала в древней аллювиальной террасе и достигала большой мощности. Однако анализ показал в ней очень малое содержание графита, всего около 2%. Графит находился здесь в тесной смеси с глиной и должен быть отнесен к древнеаллювиальному наносу».

Таким образом, Илычские графитовые залежи оказались своего рода «красивой сказкой», сыгравшие, однако, свою историческую роль, дав основания к дальнейшему поиску углей и открытию, в итоге, Печорского угольного бассейна. Тем не менее, М.Г. Трущелёв [23] при изучении Шантым-Прилукских месторождений отмечал пылевидные углесто-графитовые частицы, рассеянные среди карбонатных зерен, слагающих вмещающие породы, а также среди жильных минералов – почковидные обломки графита.

2.3. Свинцовая руда

Насчет Шантым-Прилукских свинцовых руд на р. Илыч А.А. Чернов [7, с. 24], наоборот, был весьма краток: «Известна в известняках Шантым-Прилука, относящихся по-видимому к нижнекаменноугольному возрасту. Представляет прожилки свинцового блеска, тесно связанные с пластовыми прожилками кальцита в известняке. Горн. инж. Эрасси, производивший разведку месторождения, пришел к заключению, что оно не заслуживает разведки для выяснения его промышленного значения. При этом он наблюдал *in situ* прожилки свинцового блеска только до 1 см толщиной. Однако одним из наших работников на бичевнике был найден кусок свинцового блеска до 10 см толщиной, куски же в 3–4 см встречались довольно часто». Как мы видим, Александр Александрович очень кратко и неопределенно высказался насчет проявлений свинцового блеска Шантым-Прилук (рис. 2). Изучение этих месторождений имеет длительную историю. По данным [23], первые сведения о жилах свинцового блеска в доломитизированных известняках и доломитах на р. Илыч относятся к началу XIX в., так как к тому времени уже было известно, что местные охотники издавна отливали пули из свинца, полученного из шантым-прилукской руды. В 1843 г. А.А. Кейзерлинг имел поручение ознакомиться с месторождениями на Илыче и проверить сведения о свинцовых рудах в

этих местах. Но проводники (по-видимому, умышленно) не довели его до месторождений, и Кейзерлинг не подтвердил наличия свинцового оруденения, считая, что местные жители ошибочно приняли за свинец листочки слюды [1, 23]. В 1910 г. управляющий государственным имуществом Вологодской губернии И.Н. Шемигонов совершил поездку по Илычу и поставил на Шантым-Прилуке заявочный столб. После его поездки и возник интерес к месторождению свинцового блеска на Илыче [1, 23]. Инженер Н.И. Эрасси от Горного департамента пришел к отрицательному выводу о промышленном значении месторождения. Однако в 1911 г. г-н Маркозов, производя снова разведку месторождения Шантым-Прилук, нашел обнажения, в которых мощность отдельных скоплений галенита достигала 30.5–61.0 см на протяжении около двух верст [23].

После революции и гражданской войны исследования в бассейне р. Илыч проводили А.А. Чернов (1921 и 1923 гг.), а также В.А. Варсанюфьева и Н.Н. Иорданский. Ими возраст вмещающих рудную минерализацию отложений был определен как силурийский [1]. С 1930-х гг. Шантым-Прилук изучался Ухтинской экспедицией ОГПУ, Архангельским отделением Союзгеоразведки, геологической партией Ухтпечлага. Тогда И.Т. Гуштюк – руководитель геологической партии Ухтпечлага – обнаружил в устье р. Сотчем-ель второе месторождение с медно-цинковым оруденением. Он пришел к заключению, что район перспективен на полиметаллы и что оба месторождения заслуживают постановки дальнейших геолого-разведочных работ. Однако после дополнительных исследований И.Т. Гуштюк (1935 г.) дает уже совершенно противоположную оценку Илычским месторождениям [23].

Во время Великой Отечественной войны, в 1942 г., Наркомместпром Коми АССР организовал специальную бригаду для пробной кустарной добычи свинцовой руды и выплавки из неё свинца непосредственно на месторождении Шантым-Прилук. В работе бригады принимали участие сотрудники базы Академии наук СССР по изучению Севера И.Н. Чирков и М.Г. Коневец. Пробная кустарная выплавка не удалась: бригада выплавил всего 35 кг черного свинца и на этом прекратила свою работу [23].

На основании данных И.Н. Чиркова о содержании свинцовой руды Коми областной комитет ВКП(б) поставил вопрос об организации на месторождении Шантым-Прилук планомерных геолого-разведочных работ, и в 1943 г. на Илычские месторождения была направлена геолого-разведочная партия от Северного государственного геологического управления под руководством А.Я. Петренко, в состав которой входил геологический отряд Э.А. Кальберг [23]. В течение 1943–1945 гг. партия А.Я. Петренко проводила наземные горные работы (канавы и шурфы) и мелкое бурение (до коренных пород). Были заложены четыре мелкие (от 6.3 до 29.5 м) штольни. На основании своих дан-



Рис. 2. Скала Шантым-Прилук. В средней части обнажения видна старая штольня и отвалы пустой породы, засыпавшие нижнюю часть скалы. Фото Л.А. Шмелёвой.

Fig. 2. Shantym-Priluk rock. In the middle part of the outcrop, an old adit and waste rock dumps are visible, covering the lower part of the rock. Photo by L.A. Shmeleva.

ных А.Я. Петренко пришел к отрицательному выводу о промышленной ценности Илычских меторождений и разведка их была снова прекращена [23].

Новые ревизионно-опробовательские работы на Шантым-Прилуке были начаты в 1952 г., но приостановлены в 1955 г. [23]. Вероятно, последними, кто изучали Илычские руды и вмещающие их силурийские отложения, были В.И. Силаев [24], А.И. Антошкина с Н.А. Боринцевой и В.В. Юдин. Эти исследования проводились летом 1974 г.

Таким образом, Шантым-Прилуцкие свинцовые проявления не оправдали возложенных надежд и потраченных средств, став, по замечанию Н.А. Сирина в выступлениях на пленарном заседании VI Геологической конференции Коми АССР в 1964 г., «...примером нерациональной постановки работ» [25].

Заключение

1921 год можно считать началом планомерного изучения севера Урала; толчком этому послужила работа Верхне-Печорского геологического отряда А.А. Чернова. Бассейн р. Илыч не оправдал надежд открытий месторождений, однако обнаруженный «графит», который хоть и не был таковым, и возраст вмещающих пород был определен неправильно, является одним из начальных звеньев, приведших, в итоге, к открытию Печорского угольного бассейна.

Участники этой экспедиции внесли в будущем неоценимый вклад в развитие Республики Коми. Александр Александрович Чернов продолжал исследования в более северных районах Урала и Тимана. Удачным и жизнеспособным детищем, по замечанию Н.П. Юшкина [26], стал Отдел геологии в составе Коми базы АН СССР, преобразованный в 1958 г. в Институт геологии. Как и ранее в Москве, в г. Сыктывкар Александр Александрович привлекал к исследованиям талантливую молодёжь, ставшей, впоследствии, в один ряд со своим Учителем. Вера Александровна Варсанофьева многие годы посвятила исследованиям Северного Урала и её работа по геологическому строению Печоро-Илычского государственного заповедника [1] является единственным крупным обобщением по этой «глухой» территории. Яркая личность Веры Александровны отмечалась разными исследователями. Подчеркнем лишь, что степень доктора геолого-минералогических наук ей присудили годом раньше (1935 г.), чем её Учителю – А.А. Чернову (1936 г.). Татьяна Алексеевна Добролюбова в следующие 10 лет (до начала 30-х гг. XX в.) проводила работы по составлению 123-го листа десятиверстной геологической карты. Ей принадлежат открытия углей на этой территории, а также она прогнозировала здесь наличие углеводородного сырья, что впоследствии подтвердилось открытием Вуктыльского месторождения [2].

И весь этот путь начался с работы небольшой экспедиции в 1921 г.

Благодарности. Автор выражает свою признательность за ценные замечания, высказанные д.г.-м.н. А.И. Антошкиной, д.геогр.н. В.И. Силиным, к.г.-м.н. А.Н. Сандулой и к.г.-м.н. И.С. Астаховой, при написании этой статьи.

Работа выполнена в рамках проектов Государственной программы № АААА-А17-117121270034-3.

Литература

1. *Варсанофьева В.А.* Геологическое строение территории Печоро-Илычского государственного заповедника // Тр. Печоро-Илычского гос. заповедника. Вып. 1. М., 1940. С. 5–214.
2. *Калашников Н.В.* Геологические исследования Т.А. Добролюбовой в Печорском крае (1921–1931 гг.). Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 103 с.
3. *Фишман М.В.* Экспедиционные исследования Института геологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2000. 368 с.
4. *Чернов А.А.* Производительные силы Коми АССР. Т. 1. Геологическое строение и полезные ископаемые. М.: Изд-во АН СССР, 1953. 464 с.
5. *Чернов Г.А.* Из истории открытия Печорского угольного бассейна. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1968. 119 с.
6. *Елисеев А.И., Кузькокова Н.Н.* Александр Александрович Чернов // Александр Александрович Чернов. СПб.: Наука, 1995. С. 8–17.
7. *Чернов А.А.* Верхне-Печорский геологический отряд // Труды Северной научно-промысловой экспедиции. Вып. 14. Работы отрядов Севэкспедиции в 1921 г. Предварительный отчет. Петербург: Государственное издательство, 1922. С. 18–24.
8. Ископаемые органогенные постройки, рифы, методы их изучения и нефтегазоносность / *И.К. Королук, М.В. Михайлова, А.И. Равикович, Е.В. Краснов, В.Г. Кузнецов, Ф.И. Хатянов* М.: Наука, 1975. 236 с.
9. *Кузнецов В.Г.* Палеозойское рифообразование на территории России и смежных стран. М.: ГЕОС, 2000. 228 с.
10. *Кузнецов В.Г.* Некоторые аспекты истории становления и развития научного сообщества по изучению ископаемых рифов в СССР и России // Вестник Геонаук. 2020. №331(11). С. 35–45. DOI: 10.19110/geon.2020.11.4
11. *Антошкина А.И.* Рифообразование в палеозое (север Урала и сопредельные области). Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 303 с.
12. *Антошкина А.И., Пономаренко Е.С., Шмелёва Л.А.* Органогенные сооружения палеозоя Северного Урала // Труды Печоро-Илычского заповедника. Сыктывкар, 2015. Вып. 17. С. 13–23.
13. *Варсанофьева В.А.* Геологические исследования в северо-восточной части 124-го листа летом 1925 г. // Известия геологического комитета. 1928. Т. 47. №7. С. 733–768.
14. *Равикович А.И.* К характеристике биогермных фаций верхнего палеозоя в бассейне верхней Печоры (р. Унья) // Бюл. МОИП. Отд. геол., 1956. Т. 31. Вып. 2. С. 37–59.
15. *Кондиайн А.Г.* Силурийские и нижнедевонские отложения Бельско-Елецкой фациальной зоны Печорского Урала: Материалы по стратиграфии и тектонике Урала. Л.: Недра,

1967. С. 87–123 (Тр. ВСЕГЕИ. Нов. сер. Т. 144).
16. Антошкина А.И. Рифы в палеозое Печорского Урала. СПб.: Наука, 1994. 154 с.
17. Цыганко В.С. Девон западного склона севера Урала и Пай-Хоя (стратиграфия, принципы расчленения, корреляция). Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 356 с.
18. Антошкина А.И., Соджа С.М., Вайт В. Рифовая биота как инструмент палеогеографии (на примере силура Урала, юго-восточной Аляски и западного Салаира) // Геология рифов: Материалы Международного совещания. Сыктывкар: Геопринт, 2015. С. 10–11.
19. Шмелёва Л.А. Сфинктозоа рифа Большая Косью (р. Илыч, Северный Урал) // IX Сибирская конференция молодых ученых по наукам о Земле: Материалы конференции. Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2018. С. 703–706.
20. Шмелёва Л.А. Верхнеордовикский риф Большая Косью, р. Илыч, Северный Урал (структура, палеобиоценозы, микрофации, модель формирования) // Литосфера. 2020. №20(4). С. 557–572.
21. Варсанюфьева В.А. О результатах геологических исследований, произведенных летом 1925 года в бассейне реки Илыча // Коми му. Краеведческий отдел. 1925. №10–11. С. 79–82.
22. Чернов А.А. Полезные ископаемые Печорского края. М.: Издание научно-технического отдела ВСНХ, 1926. 52 с.
23. Трущелёв М.Г. Медно-свинцово-цинковые месторождения на р. Илыч (западный склон Северного Урала). М.: Издательство АН СССР, 1960. 147 с.
24. Силаев В.И. Минералогия и генезис стратиформной сульфидной минерализации. Л.: Наука, 1982. 232 с.
25. Геология и полезные ископаемые Северо-Востока европейской части СССР и севера Урала // Труды VI Геологической конференции Коми АССР. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1965. 614 с.
26. Юшкин Н.П. Первопроходец и первооткрыватель // Александр Александрович Чернов. СПб.: Наука, 1995. С. 3–7.
- Branch, RAS]. Syktyvkar: Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 2000. 368 p.
4. Chernov A.A. Proizvoditel'nyye sily Komi ASSR. Tom 1. Geologicheskoye stroeniye i poleznyye iskopayemyye [The productive forces of the Komi ASSR. Vol. 1. Geological structure and minerals]. Moscow: USSR Ac. Sci. Publ., 1953. 464 p.
5. Chernov G.A. Iz istorii otkrytiya Pechorskogo ugol'nogo basseyna [From the history of the discovery of the Pechora coal basin]. Syktyvkar: Komi Book Publ. House, 1968. 119 p.
6. Eliseev A.I., Kuz'kokova N.N. Aleksandr Aleksandrovich Chernov // Aleksandr Aleksandrovich Chernov. St.Petersburg: Nauka, 1995. P. 8–17.
7. Chernov A.A. Verkhne-Pechorskiy Geologicheskii otryad // Trudy Severnoy nauchno-promyslovoy ekspedicii [Upper-Pechora Geological Team // Proc. of the Northern Scientific Fishing Expedition]. Issue 14. Work of the Northern expedition groups in 1921. Preliminary report. Petersburg: State Publ. House, 1922. P. 18–24.
8. Iskopayemyye organogennyye postroyki, rify, metody ikh izucheniya i neftegazonosnost' [Fossil organogenic buildups, reefs, study methods, and oil and gas content] / I.K.Korolyuk, M.V.Mikhailova, A.I.Ravikovich, E.V.Krasnov, V.G.Kuznetsov, F.I.Khatyanov. Moscow: Nauka, 1975. 236 p.
9. Kuznetsov V.G. Paleozojskoye rifoobrazovaniye na territorii Rossi i smeznykh stran [Paleozoic reef formation in Russia and adjacent countries]. Moscow: GEOS, 2000. 228 p.
10. Kuznetsov V.G. Nekotorye aspekty istorii stanovleniya i razvitiya nauchnogo soobshchestva po izucheniyu iskopaemykh rifov v SSSR i Rossii [Some aspects of the history of formation and development of the scientific community for studying fossil reefs in the USSR and Russia] // Bull. of Geosciences. 2020. No. 331(11). P. 35–45. DOI: 10.19110/geov.2020.11.4
11. Antoshkina A.I. Rifoobrazovaniye v paleozoye (sever Urala i sopredel'nyye oblasti [Reef formation in the Paleozoic (northern Urals and adjacent regions)]. Ekaterinburg: Ural Branch, RAS, 2003. 303 p.
12. Antoshkina A.I., Ponomarenko E.S., Shmelyova L.A. Organogennyye sooruzheniya paleozoya Severnogo Urala [Organogenic structures of the Paleozoic of the Northern Urals] // Proc. of the Pechora-Ilych Reserve]. Syktyvkar, 2015. Issue 17. P. 13–23.
13. Varsavofyeva V.A. Geologicheskoye issledovaniya v severo-vostochnoy chasti 124-go lista letom 1925 g. [Geological studies in the northeastern part of the 124th sheet in the summer of 1925] // Proc. of the Geological Committee. 1928. Vol. 47. №7. P. 733–768.
14. Ravikovich A.I. K charakteristike biogermnykh faciyy verkhney paleozoya v basseyne verkhney Pechory (r. Un'ya) [Characterization of biohermal facies of the Upper Paleozoic in the Upper Pechora basin (Unya River)] //

References

1. Varsanofyeva V.A. Geologicheskoye stroeniye territorii Pechoro-Ilychskogo gosudarstvennogo zapovednika [Geological structure of the Pechora-Ilych State Reserve territory] // Trudy Pechoro-Ilychskogo gosudarstvennogo zapovednika [Proc. of the Pechora-Ilych State Reserve]. Ussue 1. Moscow, 1940. P. 5–214.
2. Kalashnikov N.V. Geologicheskoye issledovaniya T.A. Dobrolyubovoy v Pechorskoy raye (1921–1931 gg) [Geological investigations of T.A. Dobrolyubova in the Pechora Territory (1921–1931)]. Ekaterinburg: Ural Branch, RAS, 2002. 103 p.
3. Fishman M.V. Ekspeditsionnyye issledovaniya Instituta geologii Komi nauchnogo centra Ural'skogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk [Expedition research of the Institute of Geology of the Komi Science Centre, Ural

- Bull. of Society of Nature Testers. Geology Dept., 1956. Vol. 31. Issue 2. P. 37–59.
15. *Kondiyann A.G.* Silurijskiye i nizhedevonskiye otlozheniya Bel'sko-Eletskoy facieal'noy zony Pechorskogo Urala [Silurian and Low Devonian deposits of the Belsk-Elets facial zone of the Pechora Urals]: Materials on the stratigraphy and tectonics of the Urals. Leningrad: Nedra, 1967. P. 87–123 (Proc. of VSEGEI. New series. Vol. 144).
16. *Antoshkina A.I.* Rify v paleozoye Pechorskogo Urala [Reefs in the Paleozoic of the Pechora Urals]. St.Petersburg: Nauka, 1994. 154 p.
17. *Tsyganko V.S.* Devon zapadnogo sklona severa Urala i i-Khoya (strtigrifiya, principy raschleneniya, korrelyaciya) [Devonian of the western slope of the northern Urals and Pay-Khoy (stratigraphy, dissection principles, correlation)]. Ekaterinburg: Ural Branch, RAS, 2011. 356 p.
18. *Antoshkina A.I., Soja S.M., White B.* Rifovaya biota kak instrument paleogeografii (na primere silura Urala, yugo-vostochnoy Al'jaski i zapadnogo Salaira) [Reef biota as a paleogeographic tool (the example of the Silurian of the Urals, southeastern Alaska and western Salair)] // Geologiya rifov [Geology of Reefs]: Materials of the Intern. meeting. Syktyvkar: Geoprint, 2015. P. 10–11.
19. *Shmelyova L.A.* Sfinktozoa rifa Bol'shaya Kos'yu (r. Ilych, Severnyi Ural) [Sphinctozoa of the Bolshaya Kosyu Reef (Ilych River, Northern Urals)] // IX Siberian Conf. of Young Scientists on Earth Sciences: Conference materials. Novosibirsk: Publ. and Printing Center of Novosibirsk State Univ., 2018. P. 703–706.
20. *Shmelyova L.A.* Verkhneordovikskiy rif Bol'shaya Kos'yu, r. Ilych, Severnyi Ural (structura, paleobiocenozy, microfacii, model' formirovaniya) [Upper Ordovician reef Bolshaya Kosyu, Ilych River, Northern Urals (structure, paleobiocenoses, microfacies, formation model)] // Lithosphere. 2020. № 20(4). P. 557–572.
21. *Varsanofyeva V.A.* O rezul'tatakh geologicheskikh issledovaniy, proizvedennykh letom 1925 goda v bassejne reki Ilycha [On the results of geological research carried out in the summer of 1925 in the Ilych River basin] // Komi Mu. Krayevedcheskiy otdel [Komi Land. Local history department]. 1925. № 10-11. P. 79–82.
22. *Chernov A.A.* Poleznyye iskopayemye Pechorskogo kraya [Mineral resources of the Pechora region]. Moscow: publication of the sci. and technical department of Supreme Council of the National Economy, 1926. 52 p.
23. *Trushchelev M.G.* Medno-svintsovo-zinkovyye mestorozhdeniya na r. Ilych (zapadnyj sklon Severnogo Urala) [Copper-lead-zinc deposits on the Ilych River (western slope of the Northern Urals)]. Moscow: USSR Ac. Sci. Publ., 1960. 147 p.
24. *Silaev V.I.* Mineralogiya i genesis stratifomnoy sul'fidnoy mineralizacii [Mineralogy and genesis of stratiform sulfide mineralization]. Leningrad: Nauka, 1982. 232 p.
25. *Geologiya i poleznyye iskopayemye severo-vostoka Evropeyskoy chaste SSSR i severa Urala* [Geology and minerals of the north-east of the European part of the USSR and the north of the Urals] // Proc. of the VI Geol. Conf. of the Komi ASSR. Syktyvkar: Komi Book Publ. House, 1965. 614 p.
26. *Yushkin N.P.* Pervoprokhodec i pervootkryvatel' [Pioneer and discoverer] // Aleksandr Aleksandrovich Chernov. St.Petersburg: Nauka, 1995. P. 3–7.

Статья поступила в редакцию 22.04.2021

ЮБИЛЕИ

АННА ИВАНОВНА АНТОШКИНА



12 марта 2021 г. отметила свой юбилей главный научный сотрудник лаборатории литологии и геохимии осадочных формаций Института геологии им. акад. Н.П. Юшкина Коми НЦ УрО РАН, заслуженный работник Республики Коми, доктор геолого-минералогических наук Анна Ивановна Антошкина.

В 1969 г., окончив геологический факультет Московского государственного университета по специальности «геологическая съемка и поиски месторождений полезных ископаемых», была распределена на работу в отдел стратиграфии и литологии Института геологии Коми филиала АН СССР. Анна Ивановна с самого начала трудовой деятельности посвятила себя исследованиям в области литологии и стратиграфии. Талант исследователя и организаторские способности позволили ей стать одним из ведущих специалистов. В Институте она прошла последовательно все должностные ступени — от старшего лаборанта до главного научного сотрудника. В 1982 г. во ВСЕГЕИ успешно защитила кандидатскую диссертацию на тему «Литология карбонатных отложений верхнего силура Печорского Приуралья», а в 2000 г. в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН — докторскую диссертацию на тему «Рифы палеозоя Урала и сопредельных областей».

На первом этапе своей научной деятельности она занималась исследованиями верхнеордовикско-силурийских отложений, в ходе которых были разработаны новые региональные и унифицированные стратиграфические схемы для северо-востока Европейской платформы и Западного Урала, послужившие основой для проведения региональных, межрегиональных и глобальных корреляций. Позднее ее научные интересы были связаны с углубленным исследованием палеозойских карбонатных формаций севера Урала. Фундаментальные исследования по проблемам рифообразования позволили Анне Ивановне выявить уникальные особенности палеозойских рифов Урала среди разновозрастных образований других регионов мира и разработать эволюционную модель палеозойского рифообразования. Установленная приуроченность рифов к определенным формациям является прогностным и оценочным критерием рифогенных массивов в нефтегазоносных районах Тимано-Печорской провинции. А.И. Антошкиной выявлена индикаторная значимость палеозойских рифовых образований для геодинамической реконструкции истории развития Тимано-Североуральского литосферного

сегмента, прослежены пространственно-временные взаимоотношения карбонатных тел в течение каждого этапа и установлено формирование разнообразных модификаций основных моделей карбонатных платформ.

Анна Ивановна являлась участником многих международных проектов. Ей удалось поработать на рифах Крыма, Аляски и Австралии, познакомиться на экскурсиях с нижнепалеозойскими разрезами Польши, Эстонии и Швеции (остров Готланд).

За более чем 50 лет работы в Институте геологии А.И. Антошкина стала знатоком литологии и стратиграфии палеозоя севера Урала, авторитетным литологом-«рифовиком» не только в России, но и за рубежом. Последние десятилетия она проводит исследования в области бактериального литогенеза, выясняя порообразующую роль бактерий для различных типов пород, в том числе для молодых (неоген Крыма) и современных (зона Срединно-Атлантического хребта) органогенных построек.

Ею опубликовано более 200 научных работ, включая четыре коллективные, две авторские монографии, препринты и многочисленные публикации в престижных отечественных и иностранных изданиях.

Анна Ивановна много времени отдает научно-организационной работе. Под ее руководством и при активном участии проводились и проводятся международные и всероссийские совещания по проектам глобальной корреляции циркумарктических бассейнов, по актуальным проблемам карбонатной седиментологии и геологии рифов. Не один десяток лет руководит научно-исследовательскими работами лаборатории литологии и геохимии осадочных формаций, часто выступает в качестве оппонента на защите кандидатских и докторских диссертаций, руководит аспирантами и консультирует докторантов. В Сыктывкарском государственном университете ранее преподавала курс «Литологии», а в настоящее время читает «Историческую геологию» по подготовленным ею учебным пособиям.

Анна Ивановна является членом ученого совета Института геологии Коми НЦ УрО РАН, редколлегии геологических журналов «Литосфера», «Вестник геонаук» и «Известия Коми НЦ УрО РАН» (серия «Науки о Земле»), действительным членом Международной стратиграфической подкомиссии по силурийской системе, председателем Региональной секции Межведомственного литологического комитета и действительным членом Уральской академии геологических наук.

За большой вклад в науку А.И. Антошкина награждена почетными грамотами Института геологии, Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, Российской академии наук и профсоюза работников РАН и

Правительства Республики Коми. Отмечена государственной научной стипендией, памятным нагрудным знаком «Почетный геолог России» и званием «Заслуженный работник Республики Коми».

От всей души поздравляем Анну Ивановну с юбилеем и желаем ей доброго здоровья, творческого поиска и новых открытий.

*Коллектив Института геологии
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН*

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА «Известия Коми НЦ УрО РАН» серии «Науки о Земле»

Журнал публикует научно-аналитические обзоры (объем до 1,5 п.л.), оригинальные статьи (до 0,8 п.л) и краткие сообщения (до 0,3 п.л.) теоретического и экспериментального характера по различным направлениям наук о Земле.

25.00.01 Общая и региональная геология

25.00.02 Палеонтология и стратиграфия

25.00.03 Геотектоника и геодинамика

25.00.04 Петрология, вулканология

25.00.05 Минералогия, кристаллография

25.00.06 Литология

25.00.11 Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения

25.00.12 Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений

25.00.13 Обогащение полезных ископаемых

25.00.24 Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география

Статьи должны отражать результаты законченных и методически корректно выполненных исследований. Изложение материала должно быть ясным, лаконичным и последовательным.

Направляя статью в наш журнал, Вы соглашаетесь с нашим **Положением о публикационной этике журнала** (приведено на сайте журнала). Решение о публикации принимается редакционной коллегией журнала после рецензирования, с учетом новизны, научной значимости и актуальности представленных материалов. Статьи, отклоненные редакционной коллегией, повторно не рассматриваются.

К публикации также принимаются комментарии к ранее опубликованным работам, информация о научных конференциях, рецензии на книги, хроника событий научной жизни.

Общие требования к оформлению рукописей

Статьи должны сопровождаться направлением того научного учреждения, где была выполнена работа, а также экспертным заключением о возможности опубликования в открытой печати. В случае отсутствия возможности представить экспертное заключение, автор (авторы) статьи могут подать заявление на проведение экспертизы в ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Статья должна быть подписана всеми авторами (автором) с указанием (полностью) фамилии, имени, отчества, места работы, служебного телефона и e-mail. Рекомендуется указать автора, который будет вести переписку с редколлегией журнала.

В редакцию подается рукопись статьи в двух экземплярах – в печатном и электронном вариантах (WinWord под Windows). Электронная и бумажная версии статьи должны быть идентичны. Электронный вариант рукописи может быть прислан по электронной почте на адрес редакционной коллегии: **journal@frc.komisc.ru** или ответственному секретарю серии **izvestia@geo.komisc.ru**. Текст набирается шрифтом Times New Roman, кегль 14, в одну колонку через 1,5 интервала, на странице форматом А4. По всей статье шрифт должен быть одинаковым. Поля страниц оригинала устанавливаются следующими: левое – 25 мм, верхнее – 20 мм, правое – 10 мм, нижнее – 25 мм. **Текстовый редактор:** Microsoft Word for Windows. Текст статьи набирается без принудительных переносов, разрядки слов не допускаются. В числовых значениях десятичные разряды отделяются запятой (например, 102,5). Для специальных символов, таких как греческие буквы, степень, умножение и т. д., используется стандартная кодировка, которая обеспечивается сочетанием клавиш в программе Word [Вставка | Символ].

Не рекомендуется пользоваться при работе со статьей программой Microsoft Graph и программами Paint из Windows 95, Microsoft Draw.

Сокращение следует проводить по ключевым буквам слов в русском написании. При первом упоминании терминов, неоднократно используемых в статье, необходимо давать их полное наименование и сокращение в скобках, в последующем применяя только сокращение. В заголовке статьи и аннотации сокращения не используются.

Все используемые, включая общепринятые, аббревиатуры должны быть расшифрованы при первом упоминании. Не допускаются сокращения, кроме стандартных. Необходимо использовать исключительно единицы СИ. Все названия видов флоры и фауны даются на латыни с указанием авторов, родовое и видовое названия выделяются курсивом. Объем иллюстраций (таблицы, рисунки, фото) в статье не должен превышать 5-7 шт. Количество иллюстраций в кратких сообщениях не должно превышать 2-3 шт.

Первая страница рукописи оформляется следующим образом: в начале статьи указывается индекс Универсальной десятичной классификации (УДК); затем прописными буквами печатается название статьи, которое должно быть максимально кратким, информационно емким и не содержать сокращений; далее следуют инициалы и фамилии авторов. Отдельной строкой дается название учреждения и

города (для иностранных авторов – также страны). Далее приводится электронный адрес для переписки. При наличии авторов из нескольких организаций необходимо арабскими цифрами указать их принадлежность. Через один полуторный интервал далее следует краткая аннотация (8-10 строк), в которой кратко описываются основные результаты работы. После аннотации через полуторный интервал приводятся ключевые слова (до 10). Далее идут название статьи, аннотация и ключевые слова на английском языке. Английская аннотация объемом (до 2000 печатных знаков или 1 машинописная страница) для читателей, не владеющих русским языком, должна стать независимым источником информации (пересказом статьи). В тех случаях, когда текст статьи поделен на разделы, автор может подобным образом разделить и текст аннотации. Редколлегия проверяет качество английского текста и вносит необходимые правки. Во избежание разночтений автор в отдельном файле представляет русский текст, по которому был произведен перевод расширенной аннотации.

Текст статьи состоит, как правило, из введения, основного текста, заключения (резюме) и списка литературы. В статье, описывающей результаты экспериментальных исследований, рекомендуется выделить разделы: «Материал и методы», «Результаты и обсуждение».

Во введении должны быть изложены цель, суть и новизна рассматриваемой задачи с обязательным кратким анализом данных наиболее важных и близких работ других авторов. В разделе «Материал и методы» должны быть четко и кратко описаны методы и объекты исследования. Подробно описываются только оригинальные методы исследования, в других случаях указывается суть метода и дается ссылка на источник заимствования, а в случае модификации – указывается, в чем конкретно она заключается.

В разделе «Результаты и обсуждение» полученные данные приводят либо в табличной форме, либо на рисунках, без дублирования одной формы другой, и краткого описания результатов с обсуждением в сопоставлении с данными литературы.

Таблицы должны быть составлены в соответствии с принятым стандартом, без включения в них легко вычисляемых величин. Таблицы должны быть отформатированы одинаковым образом, пронумерованы в порядке их появления в тексте, иметь тематический заголовок. Каждая таблица предоставляется на отдельной странице. Ширина таблицы должна быть либо 90 мм (на одну колонку), либо 185 мм (на две колонки). Текст в таблице набирается шрифтом Times New Roman, кегль 9-10, через два интервала. Сокращение слов в шапке таблиц не допускается. Пустые графы должны быть заменены условными знаками, которые объясняются в примечании. Единицы измерения даются через запятую: масса, г. Если таблица в статье одна, то порядковый номер не ставится и слово «Таблица» не пишется.

Рисунки представляют пригодными для непосредственного воспроизведения, пояснения к ним выносятся в подрисовочные подписи (за исключением кратких цифровых или буквенных обозначений), отдельные фрагменты обозначаются арабскими цифрами или буквами русского алфавита, которые расшифровываются в подрисовочных подписях. Подрисовочные подписи прилагаются отдельно. Каждый рисунок должен сопровождаться подписью на русском и английском языках (английская подпись должна соответствовать русской).

Графика должна быть подготовлена в форматах EPS, PSD, TIFF или JPG и представлена отдельными файлами. Допускается векторный формат CDR. Расширения файлов должны соответствовать их типу. Рисунки в тексте упоминаются как „рис.“ с указанием номера (рис.1).

Растровые рисунки должны сохраняться только в формате TIFF с разрешением не менее 300 dpi (точек на дюйм) для фотографий и не менее 600 dpi (точек на дюйм) для остальных рисунков (черно-белый). Использование других форматов нежелательно.

Векторные рисунки (не диаграммы) должны предоставляться в формате программы, в которой они созданы: CorelDraw, Adobe Illustrator. Если использованная программа не является распространенной, необходимо сохранить файлы рисунков в формате Enhanced Windows Metafile (EMF) или Windows Metafile (WMF).

Диаграммы: Рекомендуется использовать Microsoft Excel, Origin для Windows (до версии 6.0).

Ширина рисунков должна быть либо 90 мм, либо 185 мм, а высота – не более 240 мм. Шрифт буквенных и цифровых обозначений на рисунках – Times New Roman, кегль –9-10. Линии должны быть яркими (4-5 pixel). Следует избегать оттеночных заливок серого и черного цветов.

Каждый рисунок должен быть выполнен на отдельной странице. На обратной стороне рисунка простым карандашом или ручкой указывается фамилия первого автора статьи и номер рисунка.

Карты должны быть выполнены на географической основе ГУГК (контурные или бланковые карты). Транскрипции географических названий должны быть сверены с последней редакцией Государственного каталога географических наименований Росреестра (<https://rosreestr.ru/site/activity/gosudarstvennyy-katalog-geograficheskikh-nazvaniy/naimenovaniya-geograficheskikh-obektovna-territorii-rossiyskoy-federatsii>), атласов, изданных Роскартографией (ГУГК СССР), с данными ОКATO или с данными из официальных актов российских государственных/муниципальных органов управления. Масштаб необходимо указывать графически (в виде линейки). Следует избегать присутствия на микрофотографиях технической информации, не представляющей интереса для читателей или уже приведенной в тексте.

В тексте цитированную литературу следует приводить только цифрами в квадратных скобках. Список литературы должен быть представлен на отдельной странице и составлен в порядке упоминания.

нация источников в тексте в соответствии с примером (см. ниже). Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

После Списка литературы размещается References – пристатейный список литературы в транслите (на латинице) и в квадратных скобках перевод названия статьи и журнала на английский язык. References повторяет в полном объеме, с той же нумерацией Список литературы на русском языке, независимо от того, имеются ли в нем иностранные источники. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они полностью повторяются как в Списке литературы, так и в References.

Список литературы и References оформляются по нижеприведенным примерам (следует обратить особое внимание на знаки препинания):

Список литературы:

1. *Иванов И.И.* Название статьи // Название журнала. 2005. Т.41. № 4. С. 18–26.
2. *Петров П.П.* Название книги. М.: Наука, 2007. Общее число страниц в книге (например, 180 с.) или конкретная страница (например, С. 75.).
3. *Казakov К.К.* Название диссертации: Дис. канд. биол. наук. М.: Название института, 2002. 164 с.

References:

1. Ivanov I.I. Nazvanie stat'i [Article title] // Nazvanie zhurnala [Journal title]. 2005. T.41. № 4. S. 18–26.
2. Petrov P.P. Nazvanie knigi [Book title]. M.: Nauka, 2007. Общее число страниц в книге (например, 180 p.) или конкретная страница (например, p. 75.).
3. Kazakov K.K. Nazvanie dissertatsii [Dissertation title]: Dis. kand. biol. nauk. M.: Nazvanie instituta, 2002. 164 p.

При наличии большого количества авторов в списке литературы указываются все.

Для транслитерации списка литературы удобно использовать интернет-ресурс <http://translilonline.ru/>

При несоблюдении этих перечисленных правил, статья не рассматривается редакционной коллегией, а возвращается авторам на доработку.

Редакция принимает для опубликования статьи на английском языке (оригинальные, либо переведенные на английский язык профессиональным переводчиком). Такие рукописи следует сопровождать аннотацией, подписями к рисункам и названиям таблиц на русском языке.

Все статьи проходят рецензирование и, в случае необходимости, возвращаются авторам на доработку. Рецензирование статьи закрытое. Возможно повторное и параллельное рецензирование. Редакционная коллегия оставляет за собой право редактирования статьи. Статьи публикуются в порядке очередности, но при этом учитывается их тематика и актуальность. Редакционная коллегия сохраняет первоначальную дату поступления статьи, а следовательно, и очередность публикации, при условии возвращения ее в редакционную коллегия не позднее, чем через 1 месяц. Корректуру принятой в печать статьи редакционная коллегия иногородним авторам рассылает по *e-mail*. Автор в течение 5-7 дней должен вернуть ее в редакционную коллегия или передать правку по указанному телефону или электронному адресу редакционной коллегии.

В случае отклонения материала рукописи, приложения и диски не возвращаются.

Материалы, опубликованные в научном журнале «Известия Коми НЦ УрО РАН» серии «Науки о Земле», размещаются в РИНЦ и на сайтах ФИЦ Коми НЦ УрО РАН и ИГ Коми НЦ УрО РАН (раздел: Публикации). Статьям присваивается DOI.

Рукописи статей **только простым письмом** направлять по адресу:

Ответственному секретарю серии «Науки о Земле»

журнала «Известия Коми НЦ УрО РАН»

167982, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 54

Тел. (8212) 24-53-53

E-mail: izvestia@geo.komisc.ru

Научный журнал

ИЗВЕСТИЯ
Коми научного центра
Уральского отделения РАН
Серия «Науки о Земле»

Вып. 3 (49)

Выпуск подготовили:

Ответственный редактор серии д.г.- м.н. А.М. Пыстин
Ответственный секретарь серии д.г.- м.н. Н.С. Бурдельная
Редактор Т.В.Цветкова
Компьютерное макетирование Е.Н. Старцева
Корректурa английского перевода Т.А. Искакова

Лицензия № 0047 от 10.01.1999.
Компьютерный набор. Подписано в печать 16.06.2021.
Выход в свет 30.06.2021. Формат бумаги 60x84¹/₈. Печать офсетная.
Уч.-изд. л. 11. Усл.-печ.л. 11. Тираж 300. Заказ №22.
Свободная цена.

Подготовлено к изданию редакцией журнала «Известия Коми НЦ УрО РАН».
167982, ГСП, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 24.
Отпечатано в редакционно-издательском отделе ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.
167982, ГСП, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48.

Адрес учредителя, издателя: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр «Коми научный центр УрО РАН».
167982, ГСП-2, Республика Коми, г.Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 24.