



Вестник

Февраль 2015 г., № 2 (242)



Института геологии Коми научного центра УрО РАН

Научно-информационное издание, основанное академиком Н. П. Юшкиным в 1995 г.

Содержание

Институт геологии в 2014 году.....3

Научные статьи

- Ультракалиевые породы нижней части
Верхневорыквинского базальтового покрова
(Средний Тиман)
*О. В. Удоратина, Д. А. Варламов,
В. А. Капитанова, Ю. Л. Ронкин*17
- Петрогенетическое значение ZrO₂/HfO₂-отношения
в акцессорном цирконе гранитов Приполярного Урала
Ю. В. Денисова23

- Сорбенты на основе минерального и техногенного сырья
для захоронения радиоактивных отходов
*О. Б. Котова, И. Л. Шабалин,
Д. А. Шушков, А. В. Понарядов*32
- Марганец в стекловатых базальтоидах Урала
(краткое сообщение)
Я. Э. Юдович, М. П. Кетрис35

Хроника, события, факты

Сыктывкарское отделение
Российского минералогического общества:
минералогический семинар — 201437

Академическая лыжня — 201538

Главный редактор А. М. Асхабов, зам. главного редактора О. Б. Котова,
ответственный секретарь Т. М. Безносова, зав. редакцией Т. А. Некучаева

Редакционный совет:

А. И. Антошина, Сыктывкар, Россия
М. А. Т. М. Брокман, Тронхейм, Норвегия
И. Н. Бурцев, Сыктывкар, Россия
Д. А. Бушнеев, Сыктывкар, Россия
М. А. Федонкин, Москва, Россия
Н. Н. Герасимов, Сыктывкар, Россия
А. Д. Гвишани, Москва, Россия
Г. Н. Каблис, Сыктывкар, Россия
Р. И. Конеев, Ташкент, Узбекистан

И. В. Козырева, Сыктывкар, Россия
В. А. Коротеев, Екатеринбург, Россия
С. К. Кузнецов, Сыктывкар, Россия
Т. П. Майорова, Сыктывкар, Россия
П. Мянник, Таллин, Эстония
Ж. К. Мелгарехо, Барселона, Испания
Д. В. Паранин, Ухта, Россия
А. М. Пыстин, Сыктывкар, Россия
О. В. Удоратина, Сыктывкар, Россия



Vestnik

February, № 2 (242), 2015



Institute of Geology of Komi Science Center of Ural Branch RAS

Scientific information edition founded by Academician N. P. Yushkin in 1995

Content

Institute of geology — 2014 3

Scientific articles

| | |
|--|----|
| Ultrapotassium rocks of lower part of Upper Vorykva basalt cover (Middle Timan) <i>O. V. Udaratina, D. A. Varlamov, V. A. Kapitanova, Yu. L. Ronkin</i> | 3 |
| 17 | |
| The petrogenetic value of the ZrO ₂ /HfO ₂ ratio in zircons (Subpolar Urals) <i>Yu. V. Denisova</i> | 23 |
| 35 | |

Chronicle, events, facts

| | |
|--|----|
| Syktyvkar branch of the Russian Mineralogical Society: Mineralogical Seminar — 2014 | 37 |
| Academic ski race — 2015 | 38 |

Chief Editor A. M. Askhabov, **Deputy Chief Editor** O. B. Kotova,
Executive Editor T. M. Beznosova, **Managing Editor** T. A. Nekuchaeva

Editorial Board:

Anna I. Antoshkina, Syktyvkar, Russia
Maarten A.T.M. Broekmans, Trondheim, Norway
Igor N. Burtsev, Syktyvkar, Russia
Dmitry A. Bushnev, Syktyvkar, Russia
Mikhail A. Fedonkin, Moscow, Russia
Nikolay N. Gerasimov, Syktyvkar, Russia
Alexey D. Gvishiani, Moscow, Russia
Grigory N. Kablis, Syktyvkar, Russia
Rustam I. Koneev, Tashkent, Uzbekistan

Irina V. Kozyreva, Syktyvkar, Russia
Viktor A. Koroteev, Ekaterinburg, Russia
Sergey K. Kuznetsov, Syktyvkar, Russia
Tatyana P. Mayorova, Syktyvkar, Russia
Peep Männik, Tallinn, Estonia
Joan Carles Melgarejo, Barcelona, Spain
Dmitry V. Paranin, Ukhta, Russia
Alexander M. Pytyn, Syktyvkar, Russia
Oksana V. Udaratina, Syktyvkar, Russia



ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ В 2014 ГОДУ

INSTITUTE OF GEOLOGY – 2014

Изложены основные итоги деятельности Института геологии Коми НЦ УрО РАН за 2014 год. Отражены новые научные открытия, показаны вклад в развитие фундаментальной геологической науки и роль института в укреплении минерально-сырьевой базы России и обеспечении сырьевой безопасности страны.

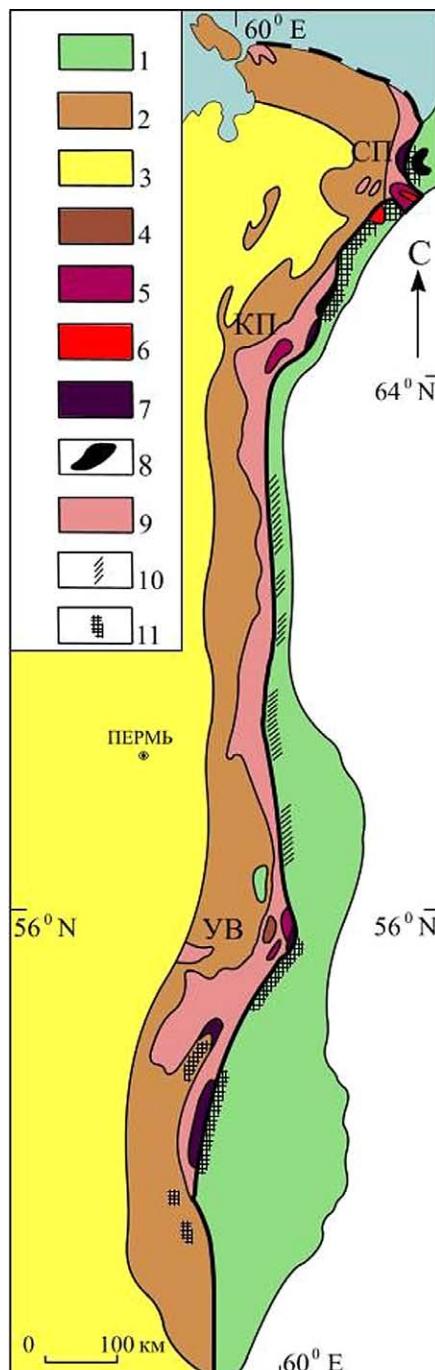
The basic results of the Institute of Geology, Komi Science Centre, UB RAS, for 2014 have been presented. New scientific discoveries were reflected. The contribution to the development of fundamental geological science and role of the Institute in strengthening mineral base of Russia and providing mineral resource security were observed.

В этом отчетном году Институт завершил исследования по 6 темам НИР, 5 проектам в рамках программ фундаментальных исследований Президиума РАН, 2 проектам в рамках программ исследований Отделения по наукам о Земле РАН, 14 проектам в рамках целевой программы поддержки междисциплинарных и интеграционных проектов, выполняемых в партнерстве между институтами УрО, СО и ДВО РАН, 15 инициативным проектам, поддержаным УрО РАН, 1 проекту в рамках ориентированных фундаментальных исследований, 3 проектам фундаментальных исследований «Арктика», по теме, поддержанной грантом Президента РФ «Поддержка научных школ», 7 проектам, поддержаным грантами РФФИ (в т. ч. 3 инициативным), 12 проектам, поддержаным грантами УрО РАН для молодых ученых и аспирантов, и 10 хозяйственным договором.

Основные научные результаты

«Структура Тимано-Североуральского региона, строение литосферы, вещественная эволюция, взаимодействие геосфер, изотопная геология и геохронология». Научный руководитель – д. г.-м. н. А. М. Пыстин, со-руководители: к. г.-м. н. О. В. Удоратина, д. г.-м. н. В. Л. Андреичев. ГР № 01201255318.

Выполнен анализ возможных взаимосвязей структур фундамента Европейской платформы и Уральского орогена. Сделан вывод о том, что криволинейность Уральского орогена была предопределена существовавшими очертаниями прилегающей с запада платформенной области, а изгибы Уральского орогена – структурно-вещественной неоднородностью платформенного фундамента (рис. 1) (д. г.-м. н. А. М. Пыстин, д. г.-м. н. Ю. И. Пыстин). На основе изучения метаморфизма пород, их структур-



ных особенностей, а также геохронологических данных показано, что в пределах Тимано-Североуральского региона отсутствуют нижнерифейские отложения (рис. 2). Здесь, в отличие от более южных районов Урала, верхнедокембрий-

Рис. 1. Схема расположения структурно-вещественных комплексов-индикаторов криволинейности Уральского орогена (А. М. Пыстин, Ю. И. Пыстин)

1 — осадочный чехол Восточно-Европейской платформы; 2–3 — палеозойские формации Урала: 2 — палеоокеанические; 3 — палеоконтинентальные; 4 — нео-мезопротерозойские образования, преимущественно претерпевшие зеленосланцевый метаморфизм; 5–9 — индикаторные архейские и палеопротерозойские метаморфические комплексы: 5 — гнейсо-гранулитовые, 6 — гнейсо-магматитовые, 7 — кристаллосланцевые, 8 — эклогит-гнейсовые и эклогит-сланцевые, 9 — гранулит-метабазитовые; 10–11 — индикаторные базит-гипербазитовые комплексы: 10 — базит-гипербазитовые массивы платиноносного пояса; 11 — базит-гипербазитовые массивы оphioliticовых комплексов. Буквенные обозначения: ГУР — Главный Уральский разлом, СП — Собское поперечное поднятие, КП — Кожимское поперечное поднятие, УВ — Уфимский выступ

Fig. 1. Map of structural-material complexes-indicators of curvilinear Ural orogen
1 — sedimentary cover of the East European Platform; 2–3 — Paleozoic formations of the Urals: 2 — paleoceanic; 3 — paleocontinental; 4 — Neomezoproterozoic structures undergone greenschist metamorphism; 5–9 — Archean and Paleoproterozoic indicator metamorphic complexes: 5 — gneiss-granulite, 6 — gneiss-migmatite, 7 — crystal schist, 8 — eklogite-gneiss and eclogite-schist, 9 — granulite-metabasite; 10–11 — indicative basite-ultrabasite complexes: 10 — basite-ultrabasite massifs of platinum belt; 11 — basite-ultrabasite massifs of ophiolite complexes. Letter designations: GUR - Main Ural Fault, SP - Sob uplift, KP - Kozhim uplift, UV - Ufa ledge.

ский разрез начинается не с нижнего, а среднего или верхнего рифея (д. г.-м. н. А. М. Пыстин, д. г.-м. н. Ю. И. Пыстин, асп. П. А. Маркова, к. г.-м. н. И. Л. Потапов).

Создана объемная модель литосферы Тимано-Североуральского

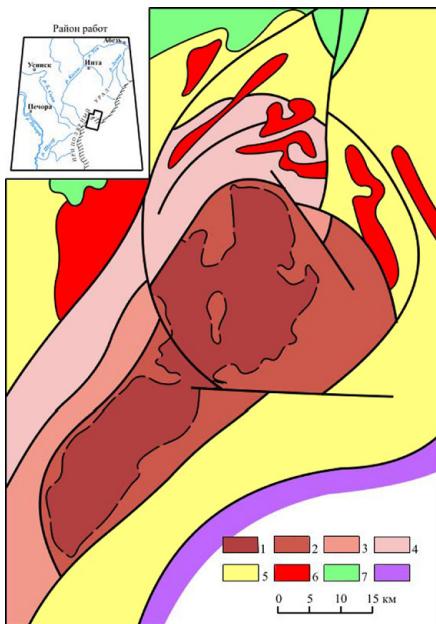


Рис. 2. Схема геологического строения Приполярного Урала (А. М. Пыстин и др.)
1–3 — нижний структурный этаж (PR₁):
1 — няртинский метаморфический комплекс;
2 — манхобейинская свита; 3 — щекуринская свита;
4–6 — средний структурный этаж (PR₂):
4 — пуйвинская свита; 5 — верхнериифейско-вендские отложения, нерасчлененные; 6 — граниты; 7 — верхний структурный этаж (PZ), нижнепалеозойские отложения, нерасчлененные; 8 — нерасчлененные магматические комплексы зоны Главного Уральского разлома

Fig. 2. Map of the geological structure of the Polar Urals
1–3 — lower structural stage (PR₁): 1 — nyartinsky metamorphic complex; 2 — mankhobeinskaya suite; 3 — schokurinskaya suite; 4–6 — middle structural stage (PR₂): 4 — puyvinskaya suite; 5 — Upper-Vendian deposits undefined, 6 — granites; 7 — upper structural stage (PZ), Lower Paleozoic deposits undefined; 8 — undefined igneous complexes of Main Uralian Fault

региона, включающая земную кору и консолидированную часть верхней мантии и позволяющая устранить разнотечения при геологической интерпретации геофизического материала (к. г.-м. н. Н. В. Конанова).

Установлена цирконовая хронология и выявлено дискретность гранитоидного магматизма Тиманского мегаблока Печорской плиты. Возраст гранитов, вскрытых скв. 1-Южная Болотная в центральной части Ижемской зоны, равен 1056 ± 18 млн лет, что свидетельствует о допозднериифейском времени заложения Тиманской пассивной континентальной окраины. Формирование гранитов п-ова Канин (883 ± 16 млн лет) связано с

постгренвильской деструкцией в ходе распада Родинии. Возраст раннеорогенных гранитоидов нижнеомринского комплекса (юго-восточная часть Ижемской зоны) приходится на интервал 602–595 млн лет, который коррелируется с возрастом гранитов Северного Тимана, равного 621 ± 4 млн лет. Гранитоиды чаркаюского комплекса формировались в финальную стадию тиманского орогенеза в интервале 557–544 млн лет (рис. 3) (д. г.-м. н. В. Л. Андреичев, к. г.-м. н. А. А. Соболева).

На Среднем Тимане установлен пермский импульс ультракалиевого внутриплитного магматизма. Для ультракалиевых дайковых магматических пород Среднего Тимана установлен возраст Ar-Ar-методом по ортоклазу, составивший 291.2 ± 3.7 млн лет. Внедрение дайковых тел происходило в раннепермское время (к. г.-м. н. О. В. Удоратина, к. г.-м. н. А. В. Травин (ИГМ СО РАН, Новосибирск), к. г.-м. н. К. В. Куликова, Д. А. Варламов (ИЭМ РАН, г. Черноголовка). Установлен возраст покровных базальтов Среднего Тимана, излияния базальтов происходили в позднедевонское время. Ar-Ar-методом (по плагиоклазу) установлено время формирования базальтов Верхневорыквинского покрова (Средний Тиман), равное 389 ± 8 млн лет (к. г.-м. н. О. В. Удоратина, д. г.-м. н. В. Л. Андреичев, к. г.-м. н. А. В. Травин (ИГМ СО РАН, Новосибирск), к. г.-м. н. В. М. Саватенков (ИГГД РАН, г. Санкт-Петербург).

В результате изучения поведения вибросейсмических полей в природно-техногенной среде г. Сыктывкара замечены корреляционные связи между вибросейсмами и особенностями геологической среды (микросейсмический сигнал сильно искажен нелинейными процессами в рыхлых грунтах, в связных грунтах менее искажен, а в переслаивающихся средах наблюдаются промежуточные значения по изменению площадей) (к. г.-м. н. В. А. Лютоев).

«Эволюция организмов и биоразнообразия в геологической истории Тимано-Североуральского региона, моделирование палеосистем, палеонтологические и стратиграфические геокорреляции, биогеология». Научный руководитель — д. г.-м. н. В. С. Цыганко, соруководители: д. г.-м. н. Л. Н. Андреичева, д. г.-м. н. Т. М. Безносова, к. г.-м. н. Д. В. Пономарев. ГР № 01201255315.

Получены новые данные по строению пограничных отложений лландовери и венлокса, впервые обнаружены нанобиогенные структуры в силурийских строматолитах. В разрезе силура на поднятии Чернова выявлен интервал мощностью более 100 м, включающий лландоверийские конодонты и венлокскую макрофауну (табулятоморфные кораллы, брахиоподы и остракоды), а также биогенные микробиальные образования, которые подтверждают биологическую природу венлокских строматолитовых построек на поднятии Чернова (рис. 4) (д. г.-м. н. Т. М. Безносова, к. г.-м. н. В. Ю. Лукин, м. н. с. Матвеев).

В пограничных отложениях девона и карбона на р. Сысью (Приполярный Урал) установлено, что относительно резкое облегчение изотопного состава углерода вблизи нижней границы конодонтовой зоны *sulcata* может быть использовано при корреляции изотопно-геохимическим методом разрезов пограничных отложений девона и карбона. Изменение таксономического состава фауны конодонтов и остракод, интерпретация литологических особенностей и кривых вариаций изотопного состава $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$ позволили охарактеризовать границу между системами и выявить стратиграфические аналоги сланцев Хангенберг. В результате монографических исследований фауны остракод были выделены и впервые описаны два новых вида, обитавших в позднефаменское время в глубоководно-шельфовой впадине и в углубленной бортовой её части (к. г.-м. н. Д. Б. Соболев, м. н. с. Д. А. Груздев, аспирант А. Н. Плотицын).

Результаты проведенных исследований процессов параллелизма и гомеоморфии в эволюции палеозойских кораллов ругоз подтверждают широкое распространение этих явлений в эволюции организмов в целом. Наиболее отчетливо этот феномен проявлен среди позвоночных. Существенно менее исследованными в этом отношении остаются беспозвоночные и растения. Значительное влияние на эволюционные процессы оказывает среда обитания организмов, и можно уже сейчас утверждать, что при морфологическом параллелизме большее число одинаковых признаков определяется сходством условий развития (д. г.-м. н. В. С. Цыганко).

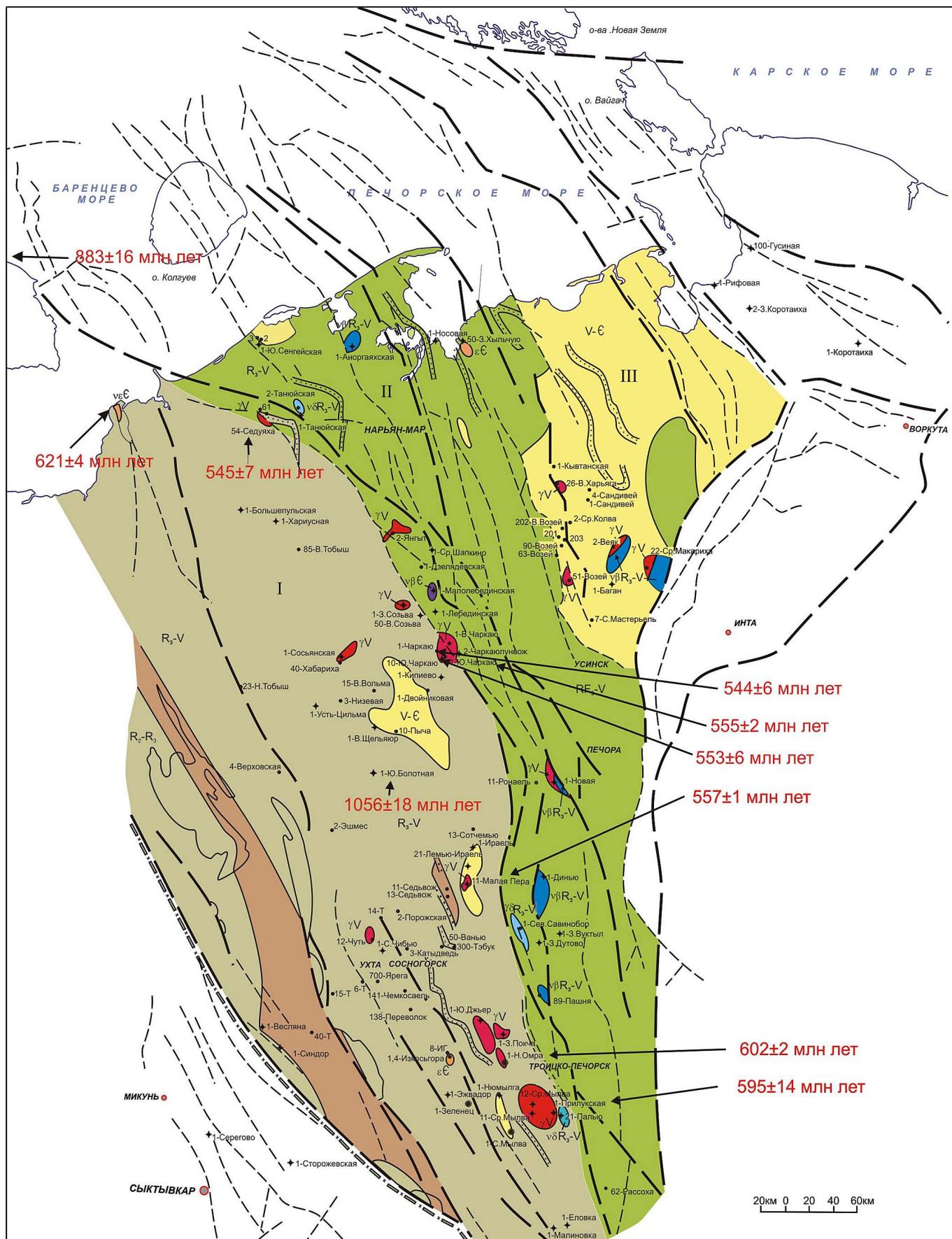


Рис. 3. Схематическая карта состава фундамента Печорской синеклизы с U-Pb (SHRIMP)-возрастами цирконов из гранитоидов (В. Л. Андреичев)

Fig. 3. Schematic map of basement of Pechora synclise with U-Pb (SHRIMP) ages of zircons from granitoids.



Рис. 4. Нанобиогенные структуры в венлокских строматолитах: 1 — минерализованные чехлы трубчатых нитевидных образований, возможно цианобактерий; 2 — шаровидные фоссилии; 3 — куполообразные фоссилии; 4 — фрагменты микробной нанобиопленки (В. А. Матвеев)

Fig. 4. Nanobiogenic structures in venlockian stromatolites: 1 — mineralized covers of tubular filamentous structures, possibly cyanobacteria; 2 — globular fossils; 3 — dome-like fossils; 4 — fragments of microbial nanobiofilm

Обобщены данные по таксономическому составу остатков позвоночных и их распространению в фаменских отложениях Тимана. Всего установлено 24 таксона позвоночных, принадлежащих к следующим группам: акантоды (4), пластиночные (8), хрящевые (1), лопастеперые (11, в том числе двоякодышащие — 6), лучеперые рыбы (1) и тетраподы (1) (н. с. П. А. Безносов, Э. В. Лукшевич (Латвийский университет, Латвия), П. Э. Альберг (Уppsальский университет, Швеция)).

Исследование исторических изменений формы жевательной поверхности первого и второго коренных зубов современных и средне-, поздненеоплейстоценовых копытных леммингов (32 выборки) из местонахождений северо-востока Европы с применением морфотипических методов позволило предложить схему смены стадий развития зубов у грызунов (к. г.-м. н. Д. В. Пономарев, д. б. н. А. Ю. Пузаченко (ИГ РАН, Москва)).

На территории Европейского Севера по типу ледникового питания выделены три района: 1) основная

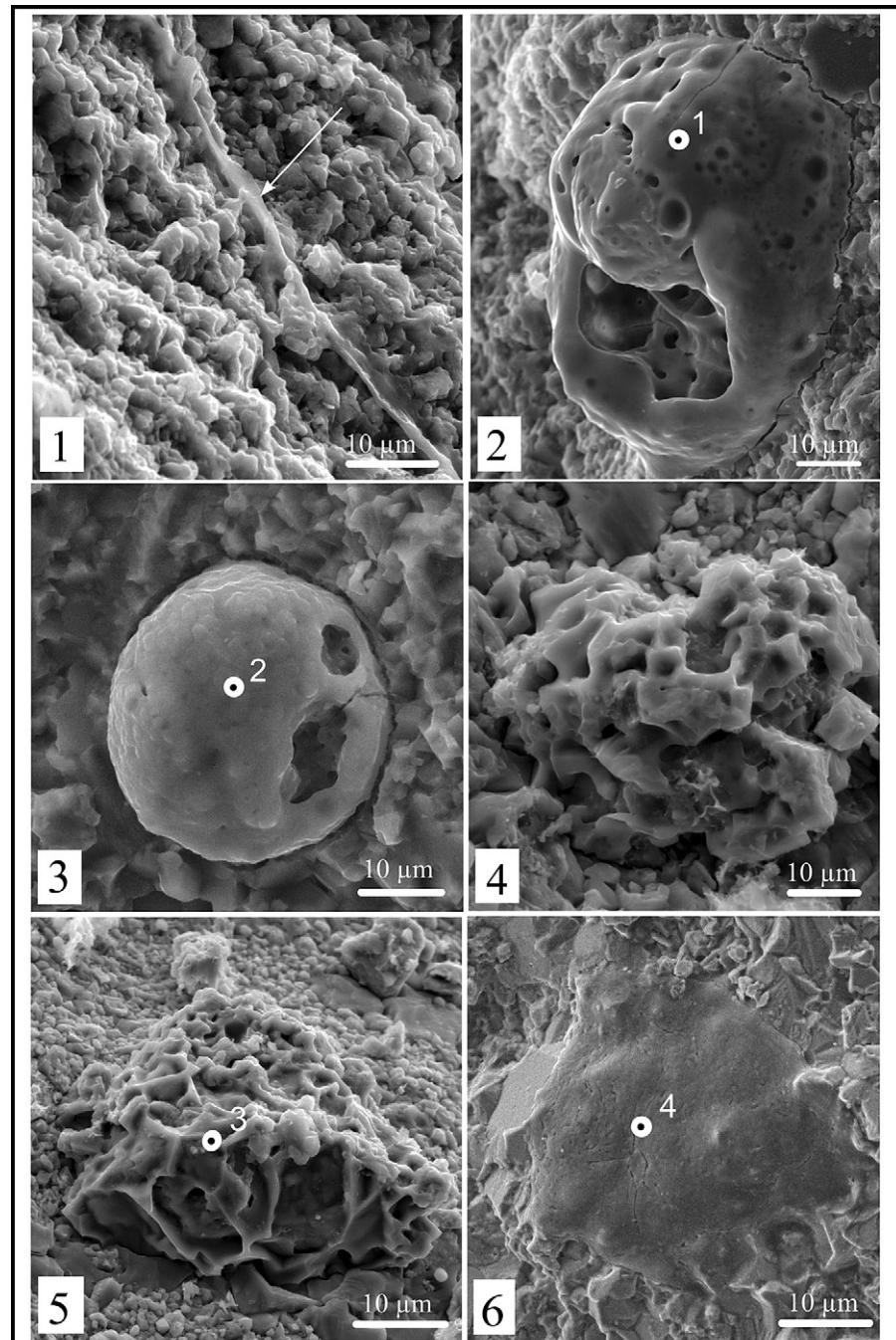
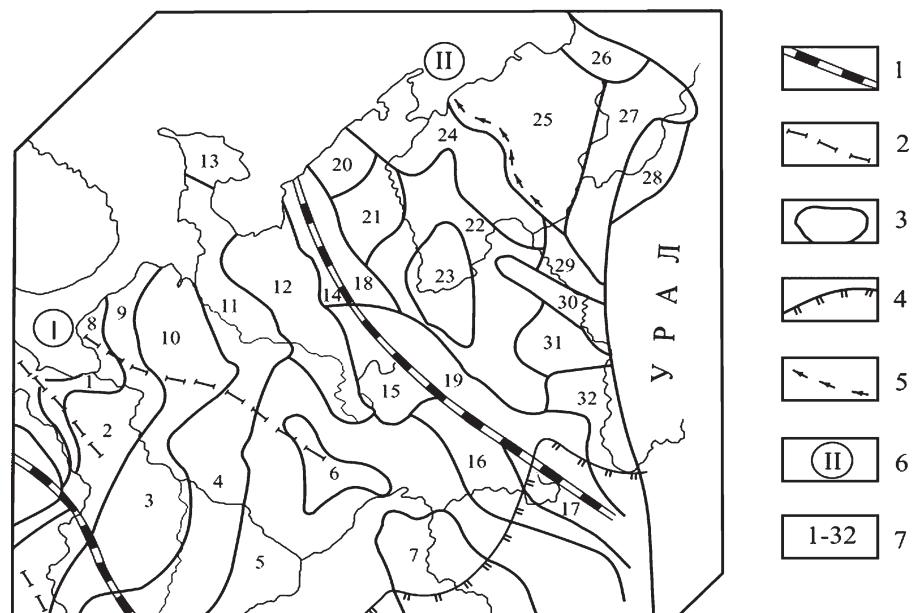


Рис. 5. Литорайоны Европейского Севера России (Л. Н. Андреичева): 1—2 — границы водоразделов (1 — первого порядка, 2 — второго порядка), 3 — границы литорайонов, 4 — граница вычегодского оледенения, 5 — предполагаемая зона сочленения вычегодских ледниковых, 6 — номер литосектора (I — Беломорского, II — Поморского), 7 — номера литорайонов

Fig. 5. Lithodistricts of European North of Russia: 1—2 — boundaries of watersheds (1 — first order, 2 — second order), 3 — lithodistricts borders, 4 — border of Vychegda glaciation, 5 — probable junction zone of Vychegda glaciers, 6 — number of lithosector (I — Belomorsky, II — Pomorsky), 7 — number of lithodistricts





часть Тимано-Печоро-Вычегодского региона, 2) крайний северо-восток и восток региона и 3) северо-северо-запад Восточно-Европейской равнины (Архангельская и Вологодская области). Составлена карта литолого-палеогеографического районирования изученной территории, отражающая представление о формировании и закономерностях пространственной изменчивости вещественного состава ледниковых отложений как единой литосистемы (рис. 5) (д. г.-м. н. Л. Н. Андреичева).

«Онтогенез палеоседиментационных бассейнов Северной Евразии, литология и геохимия осадочных пород, формирование месторождений полезных ископаемых, в том числе энергетического сырья».
Научный руководитель — к. г.-м. н. Н. Н. Тимонина, соруководители: д. г.-м. н. Д. А. Бушнев, д. г.-м. н. Я. Э. Э. Юдович, д. г.-м. н. А. И. Антошкина, к. г.-м. н. В. А. Салдин. ГР № 01201255317.

Установлено, что ассоциации строматолитов с оoidами коррелируются с изменением палеоландшафта карбонатной платформы, понижением карбонатной продукции и биособытиями разного масштаба в палеозое (д. г.-м. н. А. И. Антошкина). Органогенные постройки в верхнедевонских лагунных отложениях р. Седью (Ухтинская антиклиналь, Южный Тиман), ранее относившиеся к биогермам, по строению и составу являются аккумулятивными банками, сформировавшимися во время регressive этапа осадконакопления (к. г.-м. н. Е. С. Пономаренко).

Проведена палеогеографическая реконструкция условий осадконакопления и предложена модель развития территории западного склона Приполярного Урала в позднерифейско-раннепалеозойское время, когда происходила смена обстановки эпиконтинентального рифтогенеза на обстановку пассивной континентальной окраины (д. г.-м. н. Н. Ю. Никулова).

Выяснено, что формирование сходных верхнепалеозойских глинисто-карбонатных отложений в разных частях севера Предуральского краевого прогиба отличалось характером синседиментационной тектоники. По особенностям осадконакопления удалось выделить среди них три разных типа разрезов: сезымский, шеркыртинский и устьиспредъюский (к. г.-м. н. В. А. Салдин).

Обобщены и критически проанализированы существующие методы диагностики стадий литогенеза — либохимические, по элементам-примесям и по изотопным отношениям. Выполненное обобщение предоставляет литологам мощный геохимический инструментарий для расшифровки процессов диа- и катагенеза и связанных с ними полезных ископаемых, в особенности стратиграфических сульфидных руд (д. г.-м. н. Я. Э. Юдович, с. н. с. М. П. Кетрис).

В нефтегазоносных районах юга Тимано-Печорской провинции в результате дешифрирования космических снимков установлено отражение локальных структур, выступающих в качестве потенциальныхловушек углеводородов, на материалах сейсморазведочных работ. На временных разрезах они характеризуются антиклинальными изгибами отражающих горизонтов, а в плане соответствуют небольшим структурным выступам, террасам и носам (рис. 6) (м. н. с. И. С. Котик).

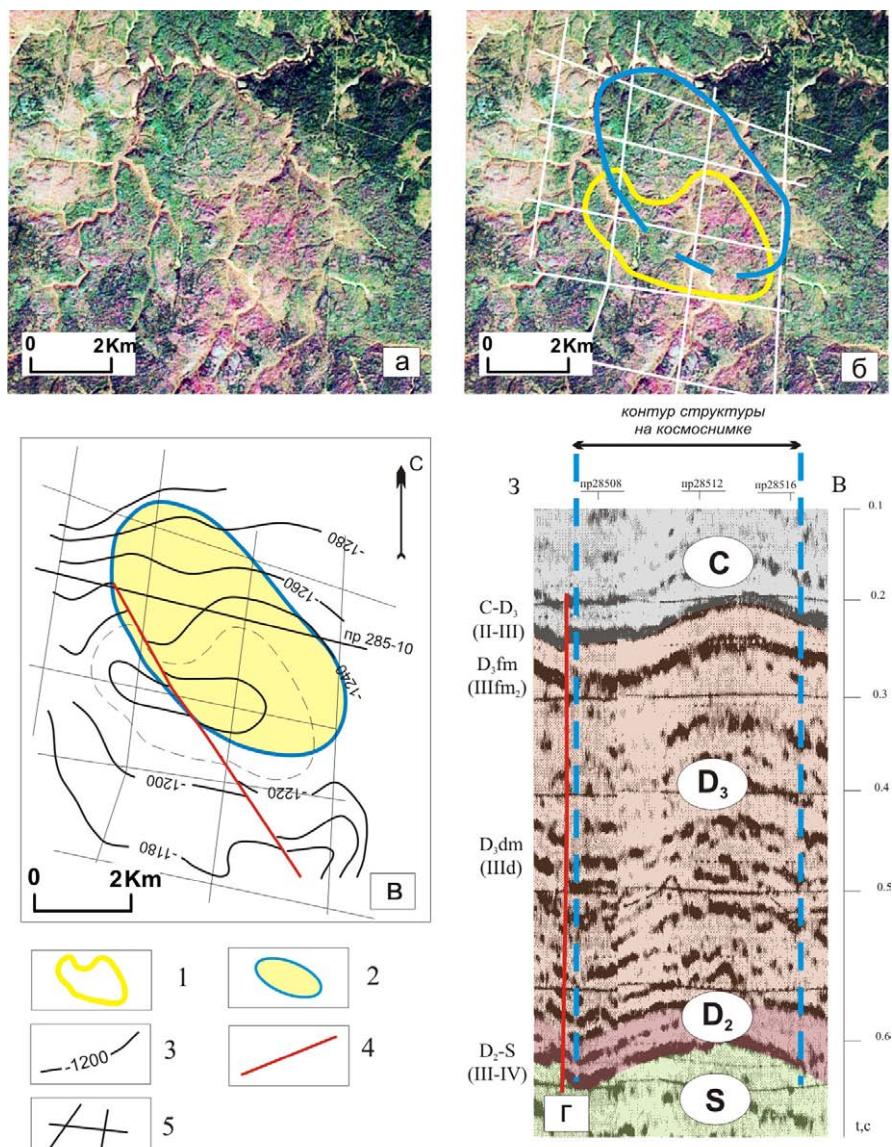


Рис. 6. Отражение на сейсморазведочных материалах локальной структуры по данным дешифрирования: а — космический снимок, б — космический снимок с результатами дешифрирования, в — структурная карта подошвы доманиковых отложений, г — фрагмент временного разреза по профилю 8-02-03 (по материалам «Севергеофизика», 2003 г.). 1 — ось антиклинальной деформации в осадочном чехле, 2 — контур локальной структуры по данным дешифрирования, 3 — изогипсы, м; 4 — тектонические нарушения, 5 — сейсморазведочные профили (на космоснимке белым). (И. С. Котик)

Fig. 6. Reflection of local structures on seismic data according to decoding: a — satellite image, b — space image with interpretation results, c — structural map of base of Domanik deposits, d — fragment of time section on profile 8-02-03 (based on Severgeofizika 2003). 1 — axis of anticline deformation in sedimentary cover, 2 — contour of local structure according to decoding, 3 — isohyps, m; 4 — tectonic dislocations, 5 — seismic profiles (white on satellite image)



В пределах севера Предуральского краевого прогиба (ПКП) и прилегающих территорий с использованием углепетрографического метода определен качественный состав органического вещества (ОВ) в угленосных отложениях верхнего палеозоя. Установлена зависимость количественного распределения ОВ и его состава от фациальных условий осадконакопления (м. н. с. О. С. Процько, к. г.-м. н. Л. А. Анищенко).

Продолжена работа по изучению особенностей строения терригенных коллекторов севера Тимано-Печорской провинции. Показано, что нижнетриасовые отложения характеризуются значительной латеральной и вертикальной неоднородностью, к ним, как правило, приурочены залежи тяжелой высоковязкой нефти (к. г.-м. н. Н. Н. Тимонина).

Выполнено исследование изотопного состава углерода и кислорода юрских фораминифер северной части Московской синеклизы, позволяющее установить палеотемпературы бассейна седиментации в конкретных стратиграфических интервалах ($J_2Cl_3-J_3Ox_{1-2}$) (к. г.-м. н. С. В. Лыюров).

Методом ^{13}C ЯМР-спектроскопии в твердом теле исследована детализация изменений в химической структуре керогена в процессе искусственного созревания органического вещества доманиковых и волжских горючих сланцев. Выявлены характерные отличия в поведении более зрелого органического вещества доманиковых отложений Ухтинского района и незрелого керогена верхнеюрских пород Сысольского сланценосного района. Методом spincounting проведена оценка доли «видимых» атомов углерода с ростом температуры водного пиролиза. На основе двумерных ^{13}C ЯМР-спектров в твердом теле было установлено, что перестройка ароматической структуры керогена в условиях модельного эксперимента происходит быстрее по сравнению с природным катагенезом в шкале значений T_{\max} по пиролизу Rock-Eval (д. г.-м. н. Д. А. Бушнев, к. г.-м. н. Н. С. Бурдельная; М. В. Мокеев, А. В. Добродумов, ИВС РАН, Санкт-Петербург).

Установлен вклад нижнекаменноугольных угленосных терригенных отложений Верхнепечорской впадины в нефтегазогенерационный потенциал Тимано-Печорской провинции.

Доля угленосных отложений в объеме терригенного комплекса значительна и на отдельных площадях достигает 30 %, что весьма важно для УВ генерационного потенциала комплекса, учитывая преимущественно смешанный состав ОВ (к. г.-м. н. Н. Н. Рябинкина, к. г.-м. н. О. В. Валяева, к. г.-м. н. С. В. Рябинкин).

«Структура и разнообразие минерального мира, конституция и свойства минералов, минералообразование, биоминеральные взаимодействия, эволюция минералообразующих процессов». Научный руководитель – академик А. М. Асхабов, соруководитель – д. г.-м. н. С. К. Кузнецов. ГР № 01201256110.

На основе кадастровой информации по минералогическим провинциям Тимано-Североуральского региона установлены характеристики (кристаллохимические, кристаллоструктурные, информационно-энтропийные) кадастровой информации, отражающие генеральные закономерности минеральной организации (рис. 7) (И. С. Астахова).

Методами мёссбауэровской спектроскопии, ЭПР- и ИК-фурье-спектроскопии проведено сравнительное изучение кристаллохимических особенностей пренита $\text{Ca}_2\text{Al}[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{OH})_2$ из метаморфических пород Японии и гидротермально-гипергенно измененных базальтов Северного Тимана.

Особенности распределения ионов железа в решетке минерала указывают на наличие в составе агрегатов фрагментов с различным типом Al-Si-упорядочения (к. г.-м. н. В. П. Лютоев, н. с. А. Ю. Лысюк).

При изучении акцессорных минералов из конглобекций пижемской свиты (D_2pg) золото-алмазно-редкометалльной россыпи Ичетью (Средний Тиман) обнаружены эпигенетично-модифицированные иттрий-содержащие цирконы, которые рассматриваются как перспективный объект для определения абсолютного возраста рудной редкоземельно-редкометалльной формации, питающей ичетьюскую россыпь (к. г.-м. н. Ю. В. Глухов).

Получены новые данные о закономерностях развития золото-платинометалльной минерализации в ультрабазитах Полярного Урала и габбро-долеритах Пай-Хоя. В хромовых рудах, локализованных в ультрабазитах Войкар-Сыньянского массива, наряду с минералами платиновых металлов Os-Ir-Ru-состава обнаружены минералы Pt-Pd, самородные золото, серебро, никель, медь (в том числе с повышенными содержаниями платины), железо, отложение которых происходило в ходе проявления эпигенетических гидротермально-метасоматических процессов (рис. 8) (д. г.-м. н. С. К. Кузнецов, к. г.-м. н. Р. И. Шайбеков).

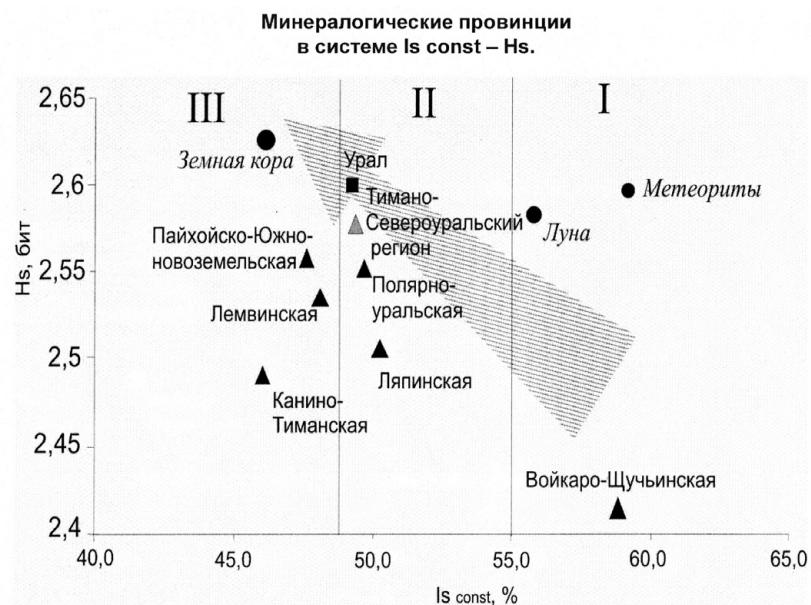


Рис. 7. Тенденция изменений показателей неоднородности, кристаллохимической и кристалlosимметрийной структуры в ряду (по возрастанию): палеоокеанические → орогенно-палеоконтинентальные → палеоконтинентальные → континентальные → (И. С. Астахова)

Fig. 7. Trends in indicators of heterogeneity, crystal-chemical and crystal-symmetrical structure

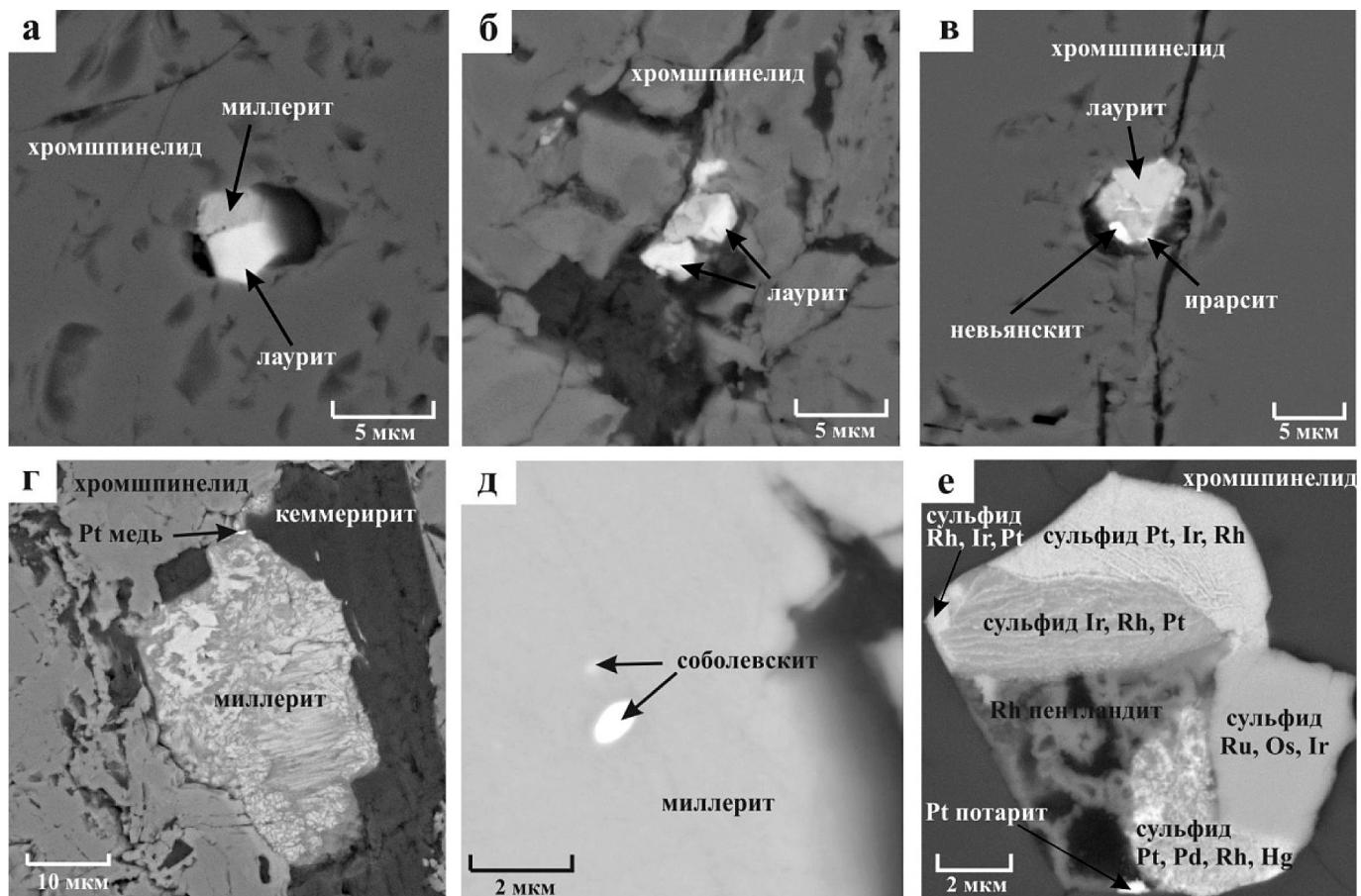


Рис. 8. Сульфидная и благороднометалльная минерализация в хромовых рудах (Р. И. Шайбеков)

Fig. 8. Sulfide and noble metal mineralization in chrome ores

Определена геохимическая специфика карбонатитов Косьюского массива (Средний Тиман). Установленные закономерности поведения редких элементов в процессе формирования косьюских карбонатитов в целом соответствуют трендам эволюции карбонатитовых магм и подтверждают магматическую природу данного объекта, что имеет значение для оценки его продуктивности на полезные компоненты (к. г.-м. н. Н. С. Ковальчук, д. г.-м. н. Т. Г. Шумилова).

Впервые обнаружены моноокристаллы стехиометрических моно- и бителлурида палладия в борните Волковского месторождения, приуроченного к одноименному габбродиоритовому массиву на Среднем Урале. В настоящее время моноокристаллы PdTe детально исследуются для утверждения минеральной фазы в качестве самостоятельного минерального вида (д. г.-м. н. Т. Г. Шумилова, С. С. Шевчук).

Решен дискуссионный вопрос об участии ванадия в образовании юшкинита (Пай-Хой). Полученные данные позволили доказать предложенный нами ранее механизм образования юшкинита за счет мобилизации

вещества вмещающих пород, богатых ванадием (проф. Дж. Мелгарехо, Университет Барселоны, Испания; к. г.-м. н. Н. С. Ковальчук).

Установлен механизм формирования гидротермально-метасоматического циркона, ассоциирующего с радиоактивно-редкометалльно-редкоземельными минералами (Приполярный Урал). Наблюдаемые формы выделения циркона образованы в процессе метаморфического и гидротермально-метасоматического преобразования первичного циркона в результате его катаклаза, незначительного перемещения и регенерации обломков до кристаллов (к. г.-м. н. О. В. Удоратина; Д. А. Варламов, ИЭМ РАН, г. Черноголовка; д. г.-м. н. В. И. Ракин).

Проведена работа по исследованию морфологии моноокристаллов алмаза Среднего Тимана. Изучены степени проявления трех основных деструктивных процессов: мантийного растворения, механической деградации и травления. Установлено, что по параметрам формы растворения алмазы Ичетью близки к россыпным алмазам севера Якутии – Анабарского и Приленского регионов (В. И. Ракин).

Проведены петролого-минералогические исследования вулканитов Толбачинского трещинного извержения 2012–2013 гг., в связи с которым обнаружены многочисленные алмазы. Установлено, что по комплексу свойств вулканиты отвечают не островодужным, а рифтогенным магматитам, образовавшимся за счет глубинно-мантийного очага магмы пикритового состава. Алмазы представляют собой хорошо образованные изометрические кристаллы куб-октаэдрического габитуса размером до 700 мкм. В качестве минералов-спутников толбачинских алмазов установлены более 40 минералов и фаз, относящихся к типам простых веществ (19), карбидов (2), силицидов (1), галидов (1), халькогенидов (3), оксидов (9), силикатов (4), кислородных солей (4). В это число входит неизвестный ранее металлический сплав на основе алюминия, являющийся аналогом технического сплава дюралюминия (д. г.-м. н. В. И. Силаев; д. г.-м. н. Г. А. Карпов, Институт вулканологии и сейсмологии ДВЦ СО РАН, Петропавловск-Камчатский; д. г.-м. н. В. И. Ракин; к. г.-м. н. Е. А. Васильев, Горный университет, Санкт-Петербург; И. В. Смо-



лева, с. н. с. В. Н. Филиппов, д. г.-м. н. В. А. Петровский).

Проведено изучение нанопористости иnanoструктуры природных углеродов на примере карельских высокоуглеродистых шунгитов путем сопоставления результатов малоуглового рассеяния (МУР) синхротронного излучения и высокоразрешающей микроскопии. Для анализа данных МУР впервые использована модель рассеивающих сфер с логнормальным распределением по размерам в отличие от ранее применявшегося фрактального подхода (д. г.-м. н. Е. А. Голубев, В. В. Уляшев; к. ф.-м. н. А. А. Велигжанин, НИЦ Курчатовский институт, Москва).

Исследованы особенности молекулярного и надмолекулярного структурообразования органических минералоидов (твёрдых битумов, ископаемых и современных смол), а также механизмы их структурных преобразований в зависимости от условий термического, радиационного и ударного воздействия (к. г.-м. н. О. В. Мартиросян).

Установлено, что гидробионтолиты, кристаллизующиеся в живых формах харовых водорослей, представлены кальцитом, а в водорослях ностока — кремнеземом и являются практическим выражением биоминеральных взаимодействий. Морфологические особенности хемогенного (абиогенного) и биогенного кальцита обусловлены генезисом и местонахождением на структурных элементах хары (рис. 9). Рассмотрены механизмы, факторы и условия, способствующие карбонатизации харофитов (к. г.-м. н. В. И. Каткова, к. г.-м. н. Т. П. Митюшева; к. б. н. Е. Н. Патова, ИБ Коми НЦ УрО РАН).

Исследованы десять фрагментов ископаемых костей позднеплейстоценовых крупных млекопитающих Тимано-Печорского региона — мамонтов, шерстистого носорога, северного оленя, пещерного медведя, лошади, отобранных на площади более 350 тыс. км². Полученные данные свидетельствуют об особенностях кормового режима в позднеплейстоценовом веке на территории современного Тимано-Печорского региона (д. г.-м. н. В. И. Силаев, к. г.-м. н. Д. В. Пономарев; к. г.-м. н. Д. В. Киселёва, Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург; с. н. с. В. Н. Филиппов, И. В. Смолева, к. г.-м. н. Ю. С. Симакова).

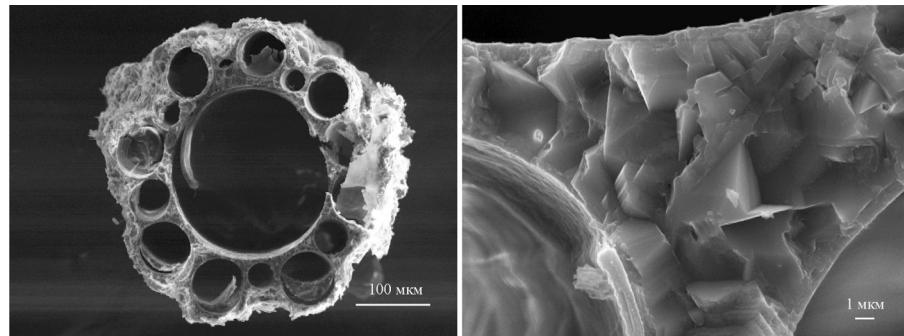


Рис. 9. а — поперечный срез междуузлия харовой водоросли, б — сколы кристаллов кальцита по ромбоэдру спайности в зоне междуузлия. (В. И. Каткова)

Fig. 9. a — cross section of internodes of chara algae, b — chipped calcite crystals at the cleavage rhombohedron in the zone of internode

Впервые получена кривая изменения изотопного состава углерода органического вещества из отложений разреза Макарьев-Южный (бассейн р. Унжа, Костромская обл.), включающая выраженный длительный позитивный сдвиг значений $\delta^{13}\text{C}_{\text{opr}}$, который отражает изменение палеообстановки в оксфордском периоде (верхняя юра) на северо-востоке Европы (к. г.-м. н. О. С. Ветошкина).

«Минеральные ресурсы Тимано-Североуральского региона, месторождения особо ценных полезных ископаемых, разработка научных основ развития и эффективного освоения ресурсной базы». Научный руководитель — к. г.-м. н. И. Н. Бурцев, соруководитель — д. г.-м. н. С. К. Кузнецов. ГР № 01201255441.

Созданы научные основы для практической реализации в Тимано-Североуральском регионе новых технологий глубокой и комплексной переработки углей, горючих сланцев, битуминозных пород, базирующихся на знаниях о составе и структуре органического вещества и максимально полно реализующих его потенциал как химического и энергетического сырья. Получены новые данные по геологическому строению изученных месторождений и микрокомпонентному составу углей, что позволило дать более надежные оценки технологических свойств полезных ископаемых. Разработаны схемы сопоставления и корреляции пластов месторождений горючих сланцев и бурых углей. На их основе созданы горно-геологические модели, выполнена оценка ресурсного потенциала горючих сланцев Чим-Лоптюгского месторождения, запасы месторождения поставлены на учет государственным балансом. Разработаны оригинальные технические и технологические решения в области добычи, обогащения и глубокой переработки углей

и горючих сланцев. Предложены для широкого использования новые продукты и материалы, полученные из углей, горючих сланцев, вмещающих пород (рис. 10) (к. г.-м. н. И. Н. Бурцев, д. г.-м. н. Д. А. Бушнев, к. г.-м. н. Н. С. Бурдельная, к. г.-м. н. В. А. Салдин, к. х. н. Д. В. Кузмин, к. г.-м. н. И. Х. Шумилов, м. н. с. Д. О. Машин, м. н. с. О. С. Процько, м. н. с. Н. С. Инкина, м. н. с. Г. В. Игнатьев, м. н. с. И. А. Перовский).

Определены основные минерало-геохимические особенности железистых разновидностей латеритных бокситов месторождений Среднего Тимана. По соотношению бемитового и железооксидного компонентов проведена типизация бокситов. Установлены закономерности фазовых трансформаций слабомагнитных разновидностей окси- и оксигидроксидов железа в сухих и водных восстановительных условиях. Созданы научные предпосылки повышения эффективности обогащения бокситов. Выявленный феномен превращения немагнитных железистых оксидов в магнитные может быть использован для утилизации труднообогатимых в настоящее время железных руд гипергенного и экзогенного (осадочного) происхождения (рис. 11) (д. г.-м. н. В. И. Силаев, к. г.-м. н. В. П. Лютоев, д. г.-м. н. О. Б. Котова, к. г.-м. н. А. В. Вахрушев, А. Ю. Лысюк; д. г.-м. н. А. Н. Пономаренко, д. ф.-м. н. А. Б. Брик, к. г.-м. н. Н. А. Дудченко, ИГРМ НАН Украины).

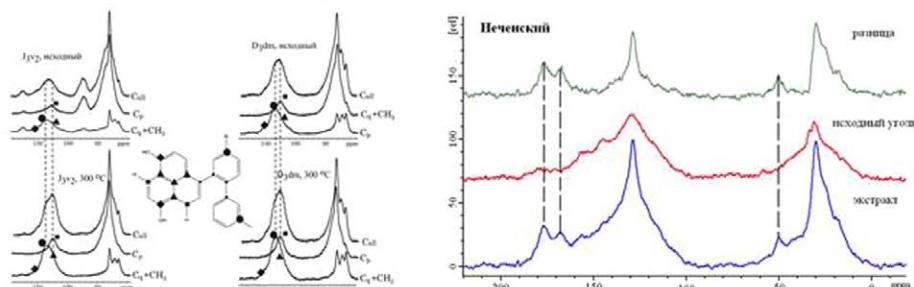
Получены принципиально новые данные о литологии и минералогии девонских отложений в районе верхнего течения р. Цильмы на Среднем Тимане. Реконструированы фациальные обстановки, динамика их развития. Сделан вывод о стадии литогенеза исследуемых отложений



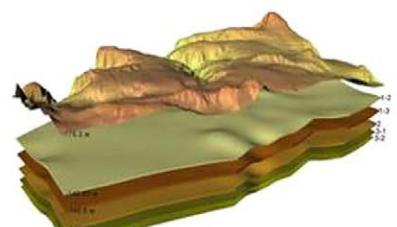
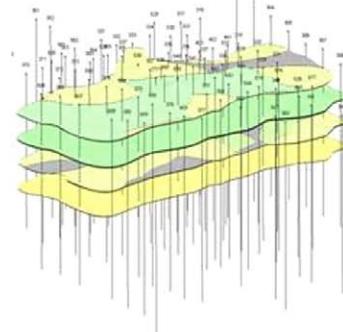
геологическое строение



состав и структура органического вещества



горно-геологическая модель месторождения



качество сырья



гиперуголь



смола полукоксования



полукокс

Рис. 10. Изучение углеводородных ресурсов от месторождения до конечного продукта. (И. Н. Бурцев)

Fig. 10. Study of hydrocarbon resources from deposit to final product

02, 03 (или протокатагенеза ПК₂₋₃). Открыт новый вид гагата, которому предложено дать название «цильманит» (к. г.-м. н. И. Х. Шумилов).

Разработана новая технология фторидной переработки лейкоксеновых концентратов Ярегского и Пижемского месторождений, основанная на применении более эффективного базового реагента, иных условий термообработки и выщелачивания, стадии механического активирования, попутном извлечении редких и редкоземельных металлов. Главной особенностью является получение дополнительного высокоценного и остродефицитного продукта — титаносиликатов — из промежуточных кремнисто-титановых концентратов. Это значительно повышает общую технологическую и экономическую эффективность процесса (к. г.-м. н. И. Н. Бурцев, м. н. с. И. А. Перовский).

Предложена технологическая схема и осуществлен синтез титаносиликатов из продуктов переработки лейкоксеновых концентратов. Новая

схема расширяет перечень потенциально получаемых из лейкоксеновых руд новых функциональных материалов и позволяет утилизировать значительные объемы промежуточных продуктов и отходов в высокоцененные материалы (м. н. с. И. А. Перовский).

Изучено состояние водоносных систем Европейского Северо-Востока, рассмотрены условия формирования химического состава каждой группы подземных минеральных вод. Для минеральных вод, распространенных в толще пермских разнофациальных отложений и являющихся наиболее перспективными для поисков месторождений минеральных вод в пределах Республики Коми и Европейского Северо-Востока, установлена прямо пропорциональная зависимость изотопного состава с глубиной. Отчетлива и положительная связь содержаний изотопов со степенью минерализации, ионами хлора и натрия и обратная — с гидрокарбонат-ионом (к. г.-м. н. Т. П. Митюшева).

Научные основы синтеза минералов и новых материалов, разработка новых геотехнологий, геоматериаловедение, новые исследовательские средства, геоинформационные системы, нанотехнологические исследования. Научный руководитель — академик А. М. Асхабов, соруководители: д. г.-м. н. О. Б. Котова, к. г.-м. н. В. П. Лютөев. ГР№ 01201255316.

Проведен анализ типов полиэдротов, образующихся из простой формы октаэдра при росте кристаллов. Выполнено численное моделирование роста октаэдрических кристаллов методом Монте-Карло и получены частоты встречаемости 14 возможных форм простых полиэдротов. Установлено явление диссимметризации, свидетельствующее об особых диффузионных условиях роста данных алмазов (д. г.-м. н. В. И. Ракин).

Проведены первые эксперименты по созданию на основе надмолекулярно-упорядоченных структур кремнезема новых композитных материалов, исследовано осаждение полученных монодисперсных частиц

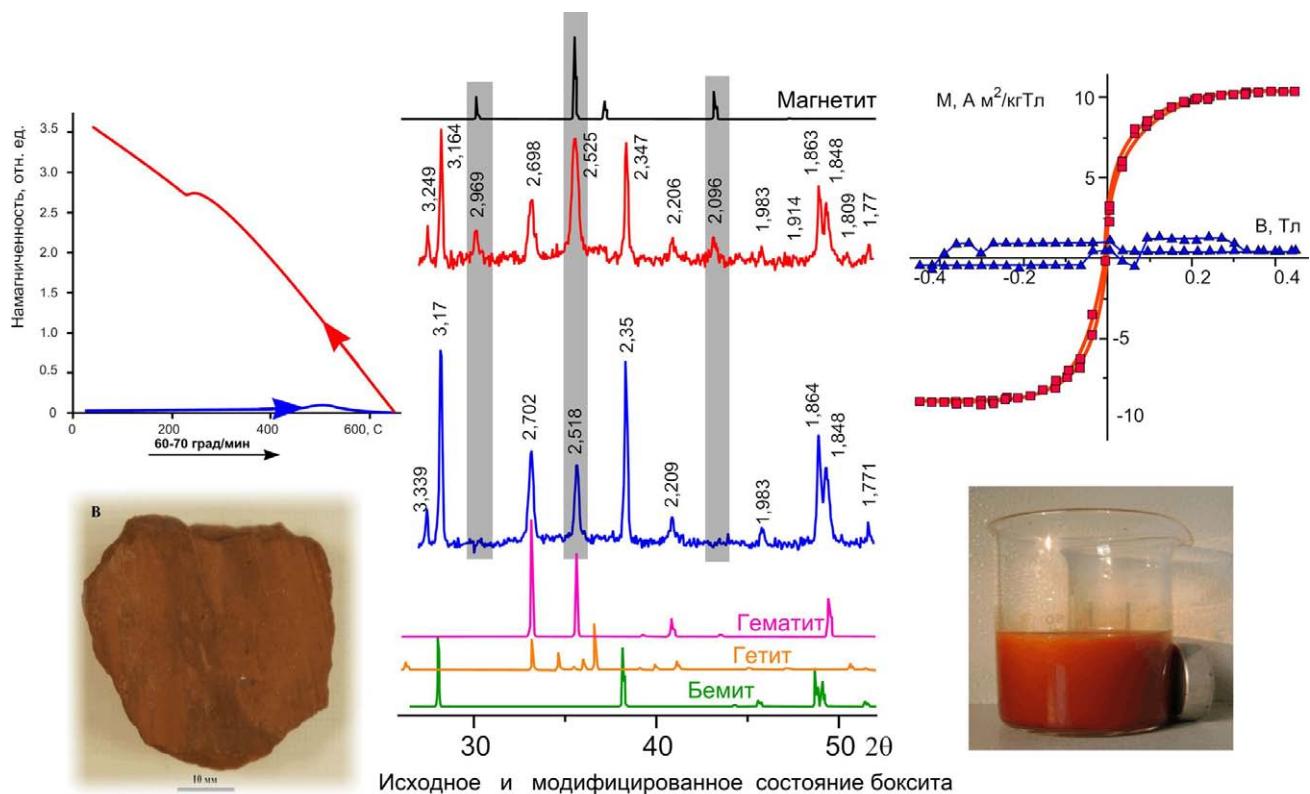


Рис. 11. Повышение намагниченности ожелезненного боксита после сухого термохимического восстановления железа (слева) и обработки материала в восстановительной водной среде (справа) за счет преобразования гетитов и гематита в магнетит-маггемит (в центре рентгенограмма). (В. П. Лютоев и др.)

Fig. 11. Increase of magnetization of ferruginous bauxite after dry thermochemical reduction of iron (left) and material processing in reducing aqueous medium (right) through transformation of goethite and hematite to magnetite-maghemite (center X-ray image)

в присутствии различных веществ (к. г.-м. н. Д. В. Камашев).

Установлено, что якутиты представляют собой апографитовую, нанополикристаллическую, лонсдейлитсодержащую разновидность природных алмазов, образовавшуюся в условиях сильного динамического сжатия. При этом в ходе мартенситного структурного превращения исходный графит преобразовывался не в алмаз, а в лонсдейлит, который лишь впоследствии в результате высокотемпературного отжига частич-

но или полностью переходил в алмаз. Степень такого перехода зависела от начальной температуры превращения и времени остывания (длиительности эпигенетического отжига) первоначального продукта (рис. 12) (д. г.-м. н. В. А. Петровский, д. г.-м. н. В. И. Силаев, к. г.-м. н. А. Е. Сухарев; В. П. Филоненко, И. П. Зибров, ИФВД РАН, г. Троицк).

С помощью атомно-силовой микроскопии изучены кинетические и морфологические закономерности развития различных типов дислокаций

ционных ростовых холмиков и распространения элементарных слоев роста на кристалле диоксида (к. г.-м. н. Н. Н. Пискунова).

Научно обоснованы методы энергетического воздействия на природное и техногенное минеральное сырье, содержащее ценные металлы, с применением лазерного излучения для интенсификации процессов рудоподготовки и обогащения. Апробирован метод предварительной обработки железосодержащего концентрата: в результате лазер-

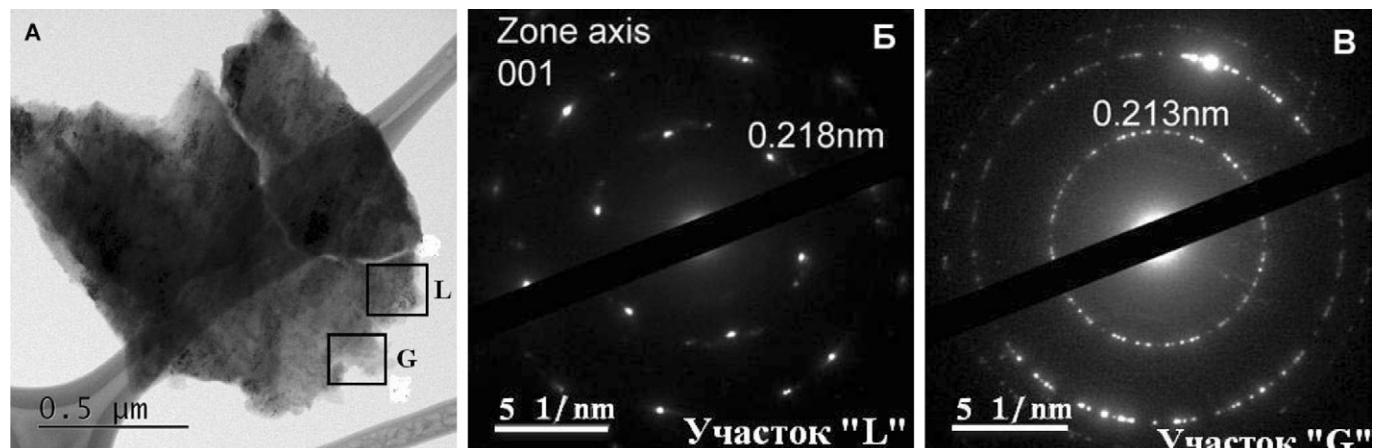


Рис. 12. Светлопольное ПЭМ-изображение частицы якутита обр. № 12 сnanoучастками лонсдейлитовой (L) и графитовой (G) структуры (А), и соответствующими nanoучастками картины электронной дифракции (Б, В). (В. А. Петровский и др.)

Fig. 12. Bright TEM image of yakutite particles sample 12 with nano-scale areas of lonsdaleite (L) and graphite (G) structure (A) and corresponding electron diffraction patterns (B, C)



ной плавки происходит перераспределение вещества с концентрацией и агломерацией ценных металлов (золота, платины, гафния, вольфрама, висмута и др.), перечень зависит от условий эксперимента), «невидимых» до обработки (рис. 13) (д. г.-м. н. О. Б. Котова; к. т. н. Н. А. Леоненко, ИГД ДВО РАН, Хабаровск; д. т. н. Г. И. Газалеева, «Уралмеханобр», Екатеринбург).

В результате различных способов воздействия (термического, механического и кислотного) установлено улучшение сорбционных и катионообменных свойств анальцим-содержащих пород Тимана (к. г.-м. н. Д. А. Шушков).

Разработаны основные положения теории статистического анализа размещения в пространстве геологических объектов. Установлено, что при случайному размещении точечных объектов неизбежно появление бессодержательных кластеров, их количество находится в зависимости от плотности точек и критериев выделения кластеров. Тем самым разработана теория и предложена схема проверки гипотез о наличии содержательных кластеров, что имеет большое значение при анализе металлогенических и прогнозных карт (д. г.-м. н. Ю. А. Ткачев).

Разработаны новые подходы к систематизации научных коллекций и отражению результатов научной деятельности Института геологии Коми НЦ УрО РАН с помощью современных информационных технологий. Впервые в практике создания сайтов естественно-исторических и геологических музеев на основе Google-карт отражены географические привязки (точки сбора) и типы геологических

| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|--|------|------|------|------|------|
| Монографии | 8 | 11 | 5 | 4 | 4 |
| Статьи в отечественных и зарубежных рецензируемых журналах | 53 | 122 | 126 | 145 | 134 |
| Кол-во статей на 1 н. с. | 0.47 | 1.08 | 1.13 | 1.34 | 1.24 |
| Статьи, материалы и тезисы совещаний | 481 | 378 | 450 | 551 | 539 |
| Общий объем публикаций, п. л. | 400 | 625 | 452 | 566 | 550 |
| Кол-во п. л. на 1 н. с. | 3.9 | 5.5 | 4.1 | 5.2 | 5.09 |
| Кол-во статей в журналах из Перечня ВАК | 35 | 96 | 90 | 103 | 97 |
| Кол-во статей в БД WoS | 21 | 23 | 23 | 29 | 32 |
| Средний ИФ в БД WoS | 0.70 | 0.79 | 1.40 | 1.19 | 1.17 |

коллекций, хранящихся в фондах музея. В результате обеспечен более высокий уровень научно-исследовательской и просветительской деятельности Геологического музея им. А. А. Чернова (н. с. Л. Р. Жданова, м. н. с. И. С. Астахова, к. г.-м. н. А. А. Иевлев).

Научно-организационная деятельность

Публикации. В отчетном году опубликовано 4 монографии и 9 отдельных изданий, материалы 5 проведенных совещаний и конференций. В таблице представлены данные публикационной активности сотрудников за последние пять лет.

В 2014 году «Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН» был зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций как средство массовой информации.

В Институте активно проводится популяризационная и научно-пропагандистская работа. В 2014 г. посещение Геологического музея

им. А. А. Чернова было включено в программу республиканского этапа Всероссийской олимпиады школьников по географии. Проведено 237 экскурсий для 2958 посетителей, в том числе из Финляндии, Польши, Болгарии, Норвегии и Китая.

Подготовлены и проведены тематические выставки: «Болгарские мартеницы. К празднику весны», «Год Лошади – 2014 (каменные фигурки лошадей)», «Новые поступления», «Метеориты», «А. А. Беляев – руководитель Геологического музея им. А. А. Чернова (к 10-летию со дня смерти)», «Все – для фронта, все – для Победы! Полезные ископаемые на агитационных плакатах времен Великой Отечественной войны», «Испанская коллекция академика Н. П. Юшкина».

Для XVI Геологического съезда Республики Коми (15–17 апреля 2014 г.) подготовлена выставка-экспозиция «Инновационные разработки Института геологии Коми НЦ УрО РАН». Изготовлен стенд-постер «Каменные столбы выветривания (болваны) плато Мань-Пупунёр (Северный Урал)».

Кроме работников музея к популяризации геологического знания причастны многие сотрудники Института: опубликовано около 80 научно-популярных статей в газетах «Красное знамя», «Республика», «Наука Урала», журналах «Регион», «Грибник России». Достижения наших ученых представлены и журналистами ИТАР-ТАСС.

Научно-организационная деятельность. В прошедшем году Институт организовал и успешно провел несколько научных собраний различного уровня. С 17 по 19 марта при информационной и финансовой поддержке Российского минералогического общества прошло российское

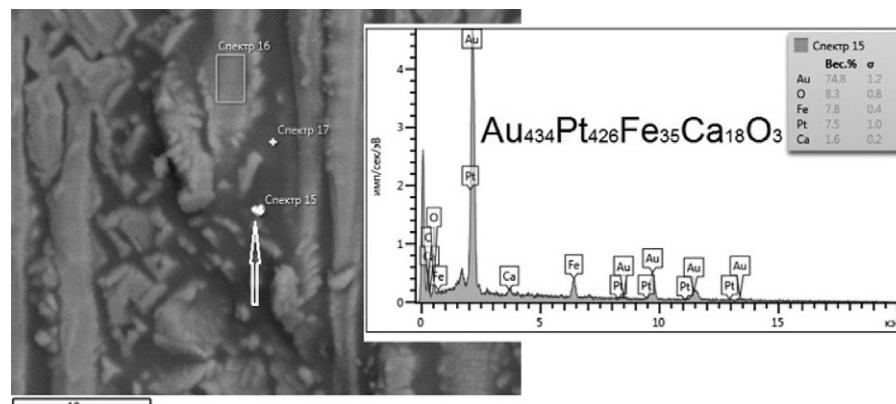


Рис. 13. Концентрация и агломерация золота и платины на поверхности железосодержащего концентрата из красных шламов при определенных параметрах обработки лазерным излучением. (О. Б. Котова и др.)

Fig. 13. Concentration and agglomeration of gold and platinum on the surface of iron-containing concentrate of red mud under certain parameters of processing by laser radiation



совещание с международным участием «Геохимия литогенеза». В его работе приняли участие 178 специалистов, из них 24 иностранца. По материалам совещания был выпущен сборник, в котором помещены расширенные тезисы 102 докладов.

15–17 апреля состоялся XVI Геологический съезд Республики Коми «Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России». На пленарных заседаниях и на заседаниях тематических секций съезда прошло открытое обсуждение острых проблем, очерчены перспективные цели и задачи по расширению и развитию минерально-сырьевой базы, эффективному управлению фондом недр, инновационному развитию топливно-энергетического, горнорудного и строительного комплексов Республики Коми, повышению конкурентоспособности продукции минерально-сырьевого сектора на региональных и мировых рынках. Общее количество участников – 470 человек, из них 25 иностранных специалистов.

Второй минералогический семинар с международным участием «Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшклинские чтения – 2014)», посвященный памяти академика Н.П. Юшкина, состоялся с 19 по 22 мая. Семинар был организован при поддержке Российской академии наук и Федерального агентства научных организаций и прошел под эгидой Российского минералогического общества. За три рабочих дня семинара было заслушано 68 докладов, в том числе 12 пленарных. Кроме того, работала стеновая сессия, в ходе которой было продемонстрировано более 20 докладов. Заочное участие в семинаре приняли 285 специалистов, представляющих практически всю Россию, а также ближнее и дальнее зарубежье (58 участников). Сборник материалов минералогического семинара включает более 150 докладов, которые в электронном виде доступны на сайте Института геологии.

17-я научная конференция «Геолого-археологические исследования в Тимано-Североуральском регионе» прошла 30 октября. Ее организаторами являлись Институт геологии и ИЯЛИ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкарский государственный университет. В работе конференции приняли участие более 50 человек.

Конференция носит междисциплинарный характер, каждый год она собирает молодых исследователей – (студентов, аспирантов) в области геологии, географии, археологии, этнографии, которые делают свои первые шаги в науку. Издан сборник докладов конференции, содержащий 34 публикации.

19 ноября состоялись XXVIII Черновские чтения, посвященные памяти выдающихся деятелей науки Европейского Севера – Марка Вениаминовича Фишмана и Александра Ивановича Елисеева.

25–27 ноября прошла XXIII научная конференция молодых ученых «Структура, вещество, история литосфера Тимано-Североуральского сегмента». За время работы совещания было представлено 4 пленарных лекции, 26 устных и 15 стендовых докладов. В работе научной конференции приняли участие 70 исследователей из 12 научно-исследовательских, учебных и производственных организаций РФ.

В 2014 году сотрудники Института геологии довольно активно участвовали в разных международных мероприятиях, выезжали в зарубежные научные командировки (17 выездов), принимали в институте иностранных коллег.

Сотрудники института приняли участие в работе 14-й Международной междисциплинарной научной геоконференции SGEM (Варна, Болгария), Международной геохимической конференции «Гольдшмидт-2014» (Сакраменто, США), 21-м Съезде Международной минералогической ассоциации (Йоханнесбург, ЮАР), IMA, Международного конгресса по микроскопии Microscience Microscopy Congress MMC – 2014 (Манчестер, Великобритания), 9-й Европейской палеоботанической и палинологической конференции (Падуя, Италия), Девятой Международной сейсмологической школы «Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных» (Ереван, Армения), Международного совещания «Прогрессивные методы обогащения и комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья (Плаксинские чтения – 2014)» (Алматы, Казахстан), 92-го съезда Немецкого минералогического общества (Йена, Германия), Международной конференции по материалам и техноло-

гиям их переработки (International conferenceon Competitive Materialsand Technological Processes) (Мишкольц, Венгрия).

Сотрудники института проводили совместные исследования и консультации в Отделении геологии и наук об окружающей среде Школы наук о Земле Стэнфордского университета и с Аргоннской национальной лабораторией и Институтом Карнеги (США), знакомились с деятельностью геологических музеев и обсуждали планы совместных научно-исследовательских работ в институтах Болгарской АН. Время работы в зарубежных организациях и на научных мероприятиях составило 247 дней.

Институт официально принял троих иностранных ученых, проработавших у нас 108 дней. Они участвовали в полевых исследованиях на Пай-Хое и Приполярном Урале.

В 2014 году Институтом заключен договор о научном сотрудничестве с Департаментом наук о Земле Кембриджского университета (Великобритания) и подписано Соглашение об образовательном и научном сотрудничестве между Институтом геологии Коми НЦ УрО РАН, Институтом керамики и полимеров Университета Мишкольца (Венгрия) и Сыктывкарским государственным университетом.

В Институте продолжаются исследования по целому ряду ранее заключенных международных проектов. По гранту NERC (Natural Environment Research Council, Великобритания) завершены работы (в лаборатории Соусэмптонского университета) с применением изотопных методов при изучении смены растительных сообществ из франкофаменских разрезов Южного Тимана (д. г.-м. н. О. П. Тельнова, проф. Дж. Маршалл (Великобритания). Продолжилась совместная работа по изучению ископаемых девонских позвоночных в рамках соглашений о научном сотрудничестве Института геологии с факультетом наук и технологий Упсальского Университета (Швеция) и факультетом географии и наук о Земле Латвийского университета (Латвия) (П. А. Безносов; Э. В. Лукшевич (Латвия) и П. Э. Альберг (Швеция). Заключено соглашение между КАСПом (кафедра наук о Земле Кембриджского университета (Великобритания) и Институтом геологии о совместном исследовании геологической эво-



люции Пай-Хоя (ответственный исполнитель – к. г.-м. н. В. Ю. Лукин). Результатом исследований является восстановление истории геологического развития Пай-Хоя. Проведены экспериментальные исследования по синтезу свободного углерода с использованием рентгеновского синхротронного излучения по официальным соглашениям с Геофизической лабораторией Вашингтонского института Карнеги (США) и Аргонской национальной лабораторией (США) (руководитель – д. г.-м. н. Т. Г. Шумилова). Продолжаются совместные исследования по соглашению с Институтом междисциплинарных наук г. Гильхинга (Германия). Проводится анализ полученных аналитических данных по изучению углеродного вещества импактного поля Кимгау (Германия) и импактного кратера Рис (Германия) (руководитель – д. г.-м. н. Т. Г. Шумилова). По соглашению о научном сотрудничестве со Стэнфордским университетом (Калифорния, США) была предоставлена возможность проведения геохронологических исследований на масс-спектрометре SHRIMP-RG цирконов из гранитоидов фундамента Печорской плиты (к. г.-м. н. А. А. Соболева, О. В. Удоратина; Э. Л. Миллер, М. А. Кобл – США). При поддержке Программы Фулбрайта для ученых проведены геохронологические исследования магматических и обломочных пород, входящих в состав террейнов Тринити и Уайрика в горах Восточные Кламаты в Северной Калифорнии (к. г.-м. н. А. А. Соболева, грант Программы Фулбрайта № 68130147).

Экспедиции. За прошедший полевой сезон в Институте геологии было сформировано 17 отрядов. В экспедиционных работах участвовали 126 человек. Полевые работы проводились в различных районах Республики Коми, на территории Ненецкого, Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов, в Кировской и Тюменской областях, Республике Крым. Традиционно работали два студенческих отряда, сформированных совместно с кафедрой геологии Института естественных наук Сыктывкарского государственного университета. В этом году, несмотря на сложную обстановку, удалось оставить крымскую практику для студентов 1 курса.

Кадры института. Современная кадровая структура института выглядит следующим образом: штатная численность – 231,75 чел., списочный состав – 235 чел. (150 женщин и 85 мужчин) и 8 внешних совместителей. В штате института 115 научных сотрудников, из которых 23 доктора наук (из них 1 совместитель) и 61 кандидат (в том числе 1 совместитель); 122 инженерно-технических работника (с высшим образованием 80 человек), из них 18 – младший обслуживающий персонал и рабочие. Средний возраст всех научных сотрудников – 47,25 лет, докторов наук – 62,3 года, кандидатов наук – 46,67 лет. Молодых сотрудников (до 35 лет) – 59, из них научных – 30.

В 2014 году на кафедре геологии СыктГУ состоялся четырнадцатый (последний) выпуск специалистов-геологов в количестве 11 человек (1 выпускница поступила в аспирантуру Института геологии Коми НЦ УрО РАН) и первый выпуск бакалавров – 14 человек. Таким образом, подготовка специалистов-геологов с 5-летним сроком обучения завершена в Сыктывкарском университете и осуществлен полный переход на двухуровневую систему образования (4+2) – бакалавр (4 года), магистр (2 года). В 2014 году на кафедре геологии Сыктывкарского государственного университета в качестве преподавателей работали 27 сотрудников Института геологии, в том числе 8 докторов (из них один академик) и 17 кандидатов геолого-минералогических наук. Прочитано 758 лекций (1426 часов), проведено 1137 лабораторных (2274 часа) и 291 практических (582 часа) занятий. В лабораториях Института геологии выполнено 14 курсовых работ студентов 3 курса, 11 дипломных и 14 выпускных квалификационных работ. Проведены учебные практики: геодезическая, первая геологическая, геолого-геофизическая и геолого-съемочная (2 курс). В экспедиционных отрядах Института геологии прошли производственную практику 14 студентов 3 курса.

В соответствии с планом приема за счет средств бюджета УрО РАН в 2014 году в очную аспирантуру института принято три человека (Езимова Ю. Е., Вахрушев С. В., Размыслов И. Н.). Завершили в этом году обучение восемь аспирантов (шесть из них – с представлени-

ем диссертаций, один отчислен по неуспеваемости) и два докторанта (О. В. Валяева и С. И. Исаенко). На сегодняшний день в Институте геологии проходят послевузовское обучение 14 аспирантов, проводят научные исследования и готовят диссертацию к защите один докторант.

Деятельность ученого и диссертационного советов. За 2014 год состоялось 17 заседаний ученого совета, на которых обсуждались самые разные вопросы: научно-исследовательские работы, научные программы, аттестация аспирантов, докторантов, сотрудников; структурные вопросы, обсуждение диссертационных работ, программ экспедиционных отрядов, отчеты о зарубежных командировках, вопросы издательской деятельности, отзывы и т. д. При институте действуют два диссертационных совета, имеющие право принимать к защите диссертации по шести специальностям геолого-минералогических наук. Проведены успешные защиты диссертаций: двух кандидатских (О. В. Гракова и И. С. Астахова) и одной докторской (О. В. Мартиросян).

Взаимодействие с органами исполнительной власти, промышленными предприятиями и отраслевой наукой. Эта область деятельности института весьма разнообразна и происходит по следующим направлениям: соглашения, договоры о сотрудничестве в сфере научно-технической и инновационной деятельности; разработка (либо участие в разработке) законов и нормативных актов; участие в работе межведомственных, отраслевых и экспертных советов, комиссий и т. д.; разработка целевых программ по освоению северных территорий; научное сопровождение НИОКР и подготовка аналитических заключений и разработка предложений для органов власти.

Финансирование, приобретение оборудования и ремонтные работы. Общий объем финансирования института из разных источников составил 195134,6 тыс. руб. На долю базового бюджетного финансирования в нем приходится 85,2 %, на целевое субсидирование НИР – 10,5 %, внебюджетные средства составили 4,3 %. Заработка плата остается на вполне приемлемом уровне и составляет в среднем 49086 руб. (в 2013 – 46287 руб.): средняя заработка плаата научных сотрудников – 64441 руб., у инженерно-технических работни-



ков – 35634 руб. (в 2013 – 61515 и 32651 руб. соответственно).

В 2014 г. приобретено исследовательское и общелабораторное оборудование на сумму 13 245 792 руб.: масс-спектрометр с индуктивно-связанной плазмой Agilent-7700x; поляризационный микроскоп Nikon Eclipse LV100ND; система микроволнового разложения MDS-10; ИБП Riello SDL 10000TM; печи муфельные СНОЛ 7/13 и СНОЛ 10/11; весы лабораторные аналитические CY-224C (2 шт.); металлоискатель E-TRAC; компьютеры и оргтехника; автомобиль УАЗ-29891; гусеничный снегоболотоход ГАЗ-34039-32; установка приточная с климат-контролем.

В течение отчетного года продолжались ремонтные работы в стенах института: были заменены деревянные оконные блоки на блоки из ПВХ (99 штук); отремонтированы крыльца основного входа, плоская кровля, коридор третьего этажа, гараж экспедиционных машин, кабинеты 206–209 и 439; смонтированы приточная вентиляция в кабинетах 431 и 439, а также пожарная наружная вертикальная лестница на здании АЗСК с проведением огнезащитной обработки.

Признание достижений. За отчетный период сотрудники института, внесшие заметный вклад в развитие геологической науки, создание новых направлений, подготовку кадров высокой квалификации, получили различные награды. Премией правительства Республики Коми в области научных исследований награждены В. И. Ракин и Р. И. Шайбеков; медалями им. А. Е. Ферсмана «За заслуги в геологии» Российского геологического общества – В. А. Петровский; Почетной грамотой Министерства природных ресурсов и экологии РФ – А. И. Антошкина, К. В. Куликова, В. А. Салдин, А. А. Соболева, О. П. Тельнова, В. В. Удоратин, О. В. Удоратина; знаком «Почетный разведчик недр» – А. М. Асхабов, С. К. Кузнецов, В. С. Цыганко. Сотрудники были отмечены почетными грамотами РАН и профсоюза РАН, Уральского отделения РАН, Коми НЦ УрО РАН, Института геологии, благодарностями Коми НЦ УрО РАН, почетными званиями «Ветеран Коми НЦ УрО РАН». Звания «Почетный геолог Республики Коми» удостоены Л. А. Анищенко, А. М. Пыстин;

звания «Почетный финансист Республики Коми» – О. А. Радаева; почетной грамотой Республики Коми награждена Г. Н. Лысюк, знаком отличия «За безупречную службу Республике Коми» – В. А. Петровский, В. И. Силаев; благодарностью Главы РК отмечены А. А. Иевлев, О. В. Кокшарова, Т. В. Майдль, О. П. Тельнова; почетной грамотой Министерства образования РК – И. И. Голубева; благодарственным письмом Министерства образования Республики Коми – Т. А. Пономарева, О. А. Молодцова; почетной грамотой Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РК – Д. А. Бушнев, Д. В. Пономарев, Ю. С. Симакова, Р. И. Шайбеков, В. М. Полежаев, Н. С. Бурдельная, В. С. Чупров, Н. В. Ильина, И. В. Кряжева, О. С. Процько, Е. М. Тропников, С. А. Божеско, З. П. Двойникова, В. А. Вахнина, Д. А. Полецкий, А. Н. Калмыков; благодарностью Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РК – Д. А. Шушков, П. А. Безносов, О. С. Процько, Е. С. Пономаренко, Д. О. Машин, И. С. Котик; почетной грамотой Министерства развития промышленности и транспорта Республики Коми – Т. В. Майдль; благодарностью Министерства развития промышленности и транспорта Республики Коми – Д. А. Шушков; почетной грамотой Министерства культуры Республики Коми – И. С. Астахова; почетной грамотой Министерства экономического развития Республики Коми – С. К. Кузнецова.

Решением Ученого совета Института геологии Коми НЦ УрО РАН традиционно были присуждены именные стипендии студентам Сыктывкарского государственного университета, специализирующимся в области геологии, как особо проявившим себя в учебе и по результатам учебных геологических и производственных практик: стипендия им. А. А. Чернова на 2014/2015 учебный год – студенту 4-го курса кафедры геологии С. А. Ситкевичу; стипендия им. В. А. Варсанофьевой на 2014/2015 учебный год – студентке 4-го курса кафедры геологии А. С. Кропотовой.

Но и печальные события не обошли наш институт в 2014 году. Ушли из жизни замечательные люди и высококвалифицированные спе-

циалисты: ведущий научный сотрудник к. г.-м. н. Л. А. Анищенко, руководитель Геологического музея им. А. А. Чернова к. г.-м. н. А. А. Иевлев, а также наши ветераны – Г. Ф. Семенов и В. А. Ржаницын.

О проблемах наступившего года

Мы приступаем к выполнению новых тем НИР. Есть госзадание, и мы обязаны его выполнить.

Год надо максимально использовать для улучшения наших показателей. Наши слабые стороны хорошо известны. На Ученом совете мы их уже обсуждали. Вынужден повторить то, что уже говорил в прошлом году. Нам необходимо:

- усилить публикационную активность, особенно в журналах из Перечня ВАК и в журналах с высоким импакт-фактором, в зарубежных журналах;
- больше зарабатывать (Базовое финансирование не увеличится);
- активно участвовать в различных конкурсах;
- сохранять и развивать методы исследования;
- больше взаимодействовать с производственным организациями;
- готовить крупные обобщающие работы по геологической и минерально-сырьевой тематике;

Год, как уже понятно, снова будет непростым. Пока не вполне разработан механизм взаимодействия РАН и ФАНО. «Правило двух ключей» не всегда работает. Поток поручений по вопросам науки не прекращается. Особенно тяжело приходится руководству и финансово-экономической службе, на которых ложится основная нагрузка переходного периода. Возможно, в этом году нам предстоит пройти через процесс структуризации научных организаций, подведомственных ФАНО России. Неизбежны также заявленные оценка эффективности и категоризация институтов. Кроме того, из-за кризиса резко меняется и социально-экономическая ситуация в стране. Бюджет под угрозой секвестра.

Несмотря ни на что институт будет работать. В будущее мы смотрим с осторожным оптимизмом. И продолжаем надеяться, что завтра нам будет не хуже, а лучше чем сегодня.

Академик А. Асхабов



УДК 552.323.5 (234.83)

УЛЬТРАКАЛИЕВЫЕ ПОРОДЫ НИЖНЕЙ ЧАСТИ ВЕРХНЕВОРЫКВИНСКОГО БАЗАЛЬТОВОГО ПОКРОВА (СРЕДНИЙ ТИМАН)

О. В. Удоратина¹, Д. А. Варламов², В. А. Капитанова¹, Ю. Л. Ронкин³¹ИГ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; udoratina@geo.komisc.ru²ИЭМ РАН, Черноголовка; dima@iem.ac.ru³ИГиГ, Екатеринбург; ronkin@r66.ru

Впервые приводятся данные о геологии, геохимии и минералогии ультракалиевых (K_2O 9—11 мас. %) щелочных пород подошвы Вежаю-Ворыквинского базальтового покрова, развитого на Среднем Тимане, а также рассматривается их вероятный генезис.

Ключевые слова: базальты, ультракалиевые породы, Средний Тиман.

ULTRAPOTASSIUM ROCKS OF LOWER PART OF UPPER VORYKVA BASALT COVER (MIDDLE TIMAN)

O. V. Udaratina¹, D. A. Varlamov², V. A. Kapitanova¹, Yu. L. Ronkin³¹IG Komi Science Centre, Syktyvkar²IEM Russian Academy of Sciences, 142432 Moscow region, Chernogolovka³IGiG, Ekaterinburg

Determination of the genesis of ultrapotassium rock petrology is an urgent task. At the base of the basalt cover the Middle Timan we first discovered ultrapotassic (K_2O — 9—11 wt. %) Alkaline rocks. On the basis of complex geological and petrographic, geochemical data and the study of the chemical composition of minerals, for the first time we provided data on the geology, geochemistry and mineralogy of rocks of the lower part of the basalt cover. The rocks are not metasomatic and formed as a result of potassium metasomatism basalts. The rock were composed of exclusively potassium feldspar embedded in the matrix of potassium same glass. The genesis of magmatic rocks was considered: perhaps it was the first piece of basaltic melt enriched in alkali, from the top of the magma chamber (1); or by the introduction of the zone of contact with the later melt from basalt with more excellent alkaline composition (2); or it was near-contact zone, where the vitrification (firing) occurred, the potassium source, in this case, perhaps was the underlying bauxite (3).

Keywords: basalt, usltrapotassium rocks, Middle Timan.

Введение

На Среднем Тимане, в верховых р. Верхняя Ворыква, в подошве базальтов Верхневорыквинского покрова, вскрытого в двух карьерах (бокситовом и базальтовом) в пределах Вежаю-Ворыквинской группы бокситовых месторождений, обнаружены ультракалиевые породы проблематичного генезиса.

Ультракалиевые породы известны на Южном Тимане в подошвенных частях базальтовых покровов (силлов) в разрезе джерьской (D_3dz) свиты. Установление генезиса этих пород проблематично, т. к. имеются доказательства калиевого метасоматоза первичных базальтов и примеры формирования собственно магматических щелочных базальтов [10, 13].

Покровы базальтов и дайки долеритов рассматриваются в составе

канено-тиманского комплекса средневерхнедевонского возраста (D_{2-3}) [6]. Возраст комплекса определяется по геолого-структурным признакам — залеганию согласных покровов, потоков и слоев вулканогенно-осадочных пород среди палеонтологически охарактеризованных отложений яранской свиты позднего девона (D_3jr_2). По полученным нами Ag-Ag-данным по плагиоклазам из базальтов исследуемого покрова, абсолютный возраст пород 389 ± 6 млн лет [9], позднедевонский.

Методы исследования

Комплексное исследование: петрографическое, определение химического состава и изучение анишлифов с интегрированным в них рыхлым материалом — проведено в ИГ

Коми НЦ УрО РАН. Определение редких и редкоземельных элементов было сделано в ЦКП «Геоаналитик» г. Екатеринбурга. Изучение химического состава минералов базальтов с использованием шлифов на эпоксидной основе проведено в ИЭМ РАН (г. Черноголовка) на цифровых электронных сканирующих микроскопах Tescan VEGA-II XMU (энергодисперсионный спектрометр INCA Energy 450 и спектрометр с волновой дисперсией Oxford INCA Wave 700) и CamScan MV2300 (VEGA TS 5130MM) — энергодисперсионном спектрометре INCA Energy 350.

Результаты

Вскрытые части покрова базальтов (долеритов) были опробованы при проведении полевых работ 2010—2011



гг. В стенке бокситового карьера покров обнажен на всю мощность 10–12 м, кровля задернована, поэтому не отслеживается, а нижний контакт отмечается на большом протяжении и ясно видно налегание покрова на бокситы (рис. 1). В приподошвенной части обнаружен четко обозначенный слой (40–50 см), отделенный от вышерасположенных базальтов маломощным

(5–10 см) прослоем рыхлых дезинтегрированных пород (рис. 2).

Схематично разрез нижней части покрова представлен (снизу вверх):

0) бокситы;

1) щелочная порода, массивная — 40–50 см (обр. C3/10);

2) базальт дезинтегрированный, линзообразный белый слой (песок) — 2–5 см (обр. C4/10);

3) базальт дезинтегрированный, светло-коричневый слой (песок) — 5–10 см (обр. C4a/10);

4) базальт дезинтегрированный, коричневый слой (песок) — 10 см (обр. C5/10);

5) базальт массивный, спутанно-столбчатая отдельность — до 50 см — 1 м (обр. C6/10).

6) базальт массивный, нередко

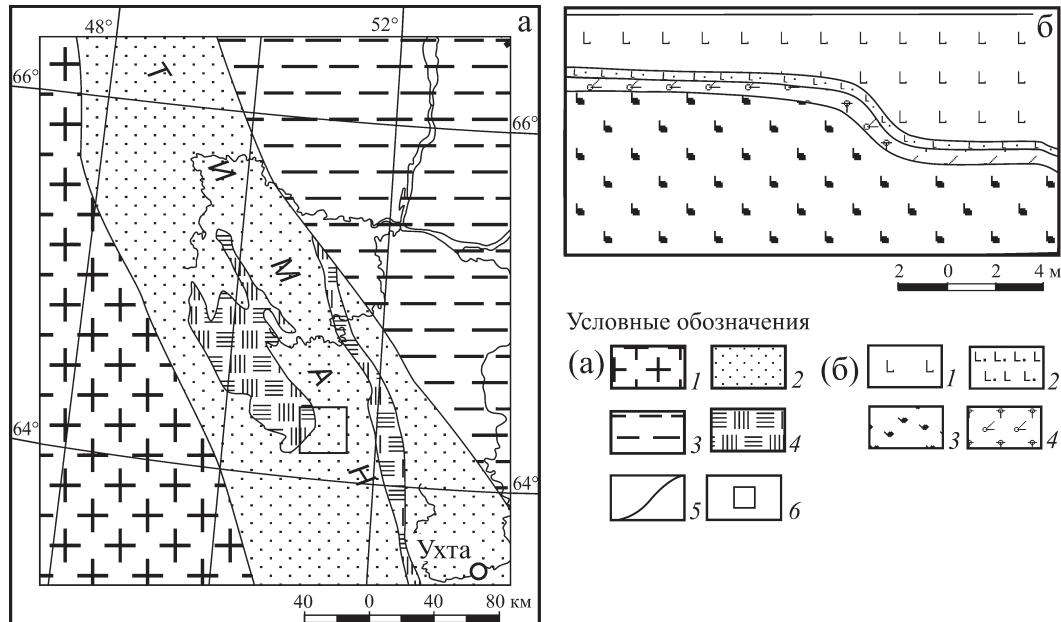


Рис. 1. Схема тектонического строения Среднего Тимана: а) 1 — Восточно-Европейский кратон; 2 — Тиман; 3 — Ижемская зона; 4 — выходы на поверхность комплексов фундамента; 5 — границы зон; 6 — район Вежаю-Ворыквинской группы бокситовых месторождений. Схематический разрез стенки карьера «Бокситы Тимана»; б) 1 — базальты Верхневорыквинского покрова, 2 — измененные базальты, 3 — бокситы, 4 — ультракалиевые породы

Fig. 1. Tectonic map of Middle Timan (a). 1 — East European Craton; 2 — Timan; 3 — Izhemskaya zone; 4 — outcrops of basement complexes; 5 — border areas; 6 — area of Vezhayu-Vorykvin group of bauxite deposits. Schematic section of pit wall «Timan Bauxite» (b). 1 — basalts of Upper-Vorykvin cover, 2 — altered basalts, 3 — bauxite, 4 — ultrapotassic rock of bottom of the cover



Рис. 2. Строение нижней части покрова: а — положение образцов в разрезе; б, в — примеры микроструктур базальтов (б) и ультракалиевых пород (в); г, д — изображение в обратно-рассеянных электронах базальтов (г) и ультракалиевых пород (д)

Fig. 2. The structure of the bottom of the cover. a — the position of the samples in the context of б-в — examples of microstructures basalts (б) and ultrapotassic rocks (в), г—д —back-scattered electron image of basalts (г) and ultrapotassic rocks (д)



Таблица 1

Химический (мас. %) состав пород

Table 1

Chemical (wt. %) composition of the rocks

| №, обр | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | FeO | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | ППП |
|--|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------|-------|-------------------|------------------|-------------------------------|-------|
| Базальты покрова | | | | | | | | | | | | |
| C6/10 | 50.64 | 1.89 | 12.24 | 3.81 | 8.13 | 0.20 | 6.86 | 10.14 | 2.04 | 0.43 | 0.15 | 0.68 |
| Дезинтегрированные базальты промежуточной зоны | | | | | | | | | | | | |
| C5/10 | 44.58 | 2.47 | 19.36 | 9.70 | 0.85 | 0.11 | 4.64 | 3.38 | 1.10 | 2.04 | 0.20 | 12.31 |
| C4a/10 | 51.34 | 2.92 | 23.05 | 4.32 | 0.25 | 0.44 | 2.18 | 1.47 | 0.42 | 2.88 | 0.24 | 11.05 |
| C4/10 | 49.78 | 3.09 | 23.33 | 5.07 | 0.69 | 0.25 | 1.16 | 1.35 | 0.29 | 4.49 | 0.26 | 10.12 |
| Щелочные породы подошвенной части покрова | | | | | | | | | | | | |
| C3/10 | 53.06 | 2.54 | 18.36 | 6.73 | 0.25 | 0.13 | 1.87 | 0.79 | 0.32 | 10.84 | 0.21 | 4.34 |
| 13-5/11 | 51.64 | 1.56 | 18.36 | 5.50 | 0.36 | 0.07 | 3.99 | 1.28 | 0.28 | 9.07 | 0.18 | 6.8 |

Примечание. Химический состав определен методом количественного химического анализа (КХА) в ИГ Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар).

Note. The chemical composition was determined by quantitative chemical analysis (KHA) IG Komi Science Centre (Syktyvkar)

просматривается столбчатая отдельность — 10–12 м.

Порода (обр. C3/10), отобранная из подошвенной части покрова, светло-коричневого цвета, мелкозернистая, афировая. Под микроскопом наблюдается порфировая структура, вкрапленники сложены тонкими игольчатыми лейстами трудно диагностируемого салического минерала, основная масса представлена микролитами этого же минерала. Согласно микрозондовым исследованиям и данным рамановской спектроскопии, это калиевый полевой

шпат, погруженный в матрицу калиевого же стекла [1]. По химическому составу рассматриваемые образования отличаются от остальных пород покрова. Содержание SiO₂ составляет 53 мас. %, породы умеренно высокотитанистые, высокоглиноземистые, содержание оксида калия достигает 11 мас. %, что позволяет отнести изучаемые породы к щелочным (табл. 1).

Из щелочных салических минералов присутствует исключительно калиевый полевой шпат и калийсодержащее стекло. На всех диаграммах положение точек состава ано-

мальное. Содержание РЗЭ относительно базальтов высокое (табл. 2). Спектры распределения РЗЭ, нормированные на хондрит C1 [11], отличаются от спектров вышележащих базальтов (рис. 3, а), отмечается преобладание легких элементов над тяжелыми и слабо проявленный отрицательный европиевый минимум. На спайдерграхмах (рис. 3, б), нормированных на N-MORB, вид спектра исследуемой породы также отличен от базальтов при общей схожести спектров, характерны высокие значения K, Rb и Ba. Аналогичная по-

Таблица 2

Содержание редких и редкоземельных элементов (г/т)

Table 2

Content of rare elements (g/t)

| Эл-т | C3/10 | C4a/10 | C5/10 | C6/10 | Эл-т | C3/10 | C4a/10 | C5/10 | C6/10 |
|------|--------|--------|--------|--------|---------------------|--------|---------|--------|-------|
| Li | 7.30 | 7.45 | 10.46 | 0.63 | Ba | 521.11 | 210.46 | 174.21 | 92.17 |
| Be | 0.75 | 1.1 | 0.94 | 0.54 | La | 11.62 | 17.16 | 10.46 | 9.19 |
| Sc | 36.71 | 56.04 | 49.29 | 37.61 | Ce | 29.43 | 43.83 | 27.33 | 21.97 |
| V | 396.23 | 699.42 | 427.42 | 375.02 | Pr | 4.28 | 6.17 | 4.01 | 3.06 |
| Cr | 181.86 | 220.34 | 182.05 | 186.77 | Nd | 20.4 | 27.9 | 19.12 | 13.73 |
| Co | 66.42 | 97.35 | 64.85 | 50.73 | Sm | 5.53 | 7.3 | 5.65 | 3.5 |
| Ni | 76.99 | 89.84 | 137.69 | 94.54 | Eu | 1.26 | 1.65 | 1.51 | 1.19 |
| Cu | 116.75 | 93.51 | 146.54 | 75.5 | Gd | 6.3 | 7.71 | 6 | 3.99 |
| Zn | 178.05 | 168.97 | 150.29 | 104.48 | Tb | 1.04 | 1.26 | 0.97 | 0.66 |
| Ga | 24 | 19.47 | 16.91 | 10.38 | Ho | 1.14 | 1.39 | 1 | 0.87 |
| Ge | 6.87 | 4.75 | 10.08 | 9.53 | Er | 2.85 | 3.29 | 2.77 | 2.35 |
| As | 0.27 | 0.24 | 0.26 | 0.08 | Tm | 0.39 | 0.47 | 0.39 | 0.34 |
| Rb | 70.12 | 56.13 | 24.41 | 14.65 | Yb | 2.32 | 2.8 | 2.29 | 2.18 |
| Sr | 76.41 | 42.98 | 108.84 | 174.25 | Lu | 0.34 | 0.42 | 0.32 | 0.34 |
| Y | 26.82 | 35.5 | 30.29 | 29.49 | La/Yb) _N | 3.37 | 4.13 | 3.08 | 2.85 |
| Zr | 164.56 | 186.03 | 176.29 | 111.6 | Eu/Eu* | 0.65 | 0.67 | 0.79 | 0.98 |
| Nb | 11.26 | 14.58 | 11.97 | 7.21 | Hf | 4.23 | 5.74 | 4.54 | 2.92 |
| Mo | 1.32 | 1.13 | 1.76 | 1.02 | Ta | 0.63 | 0.76 | 0.62 | 0.42 |
| Ag | 0.13 | 0.15 | 0.12 | 0.07 | W | 0.31 | 0.5 | 0.26 | 0.21 |
| Cd | 0.19 | 0.25 | 0.18 | 0.18 | Re | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| In | 0.12 | 0.15 | 0.12 | 0.08 | Hg | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.02 |
| Sn | 2.11 | 2.36 | 2.06 | 1.49 | Tl | 0.32 | 0.89 | 0.15 | 0.11 |
| Sb | 0.65 | 1.36 | 0.69 | 0.03 | Pb | 31.01 | 1256.94 | 99.09 | 2.4 |
| Te | 0.13 | 0.15 | 0.1 | 0.09 | Bi | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.01 |
| I | 0.34 | 0.37 | 0.38 | 0.33 | Th | 2.1 | 2.43 | 2.17 | 1.59 |
| Cs | 0.78 | 1.12 | 0.44 | 0.41 | U | 0.74 | 1.28 | 0.91 | 0.55 |

Примечание. Данные получены методом ICP MS в ЦКП «Геоаналитик», г. Екатеринбург.

Note. Data were obtained by ICP MS in NBI «Geoanalitik», Ekaterinburg.

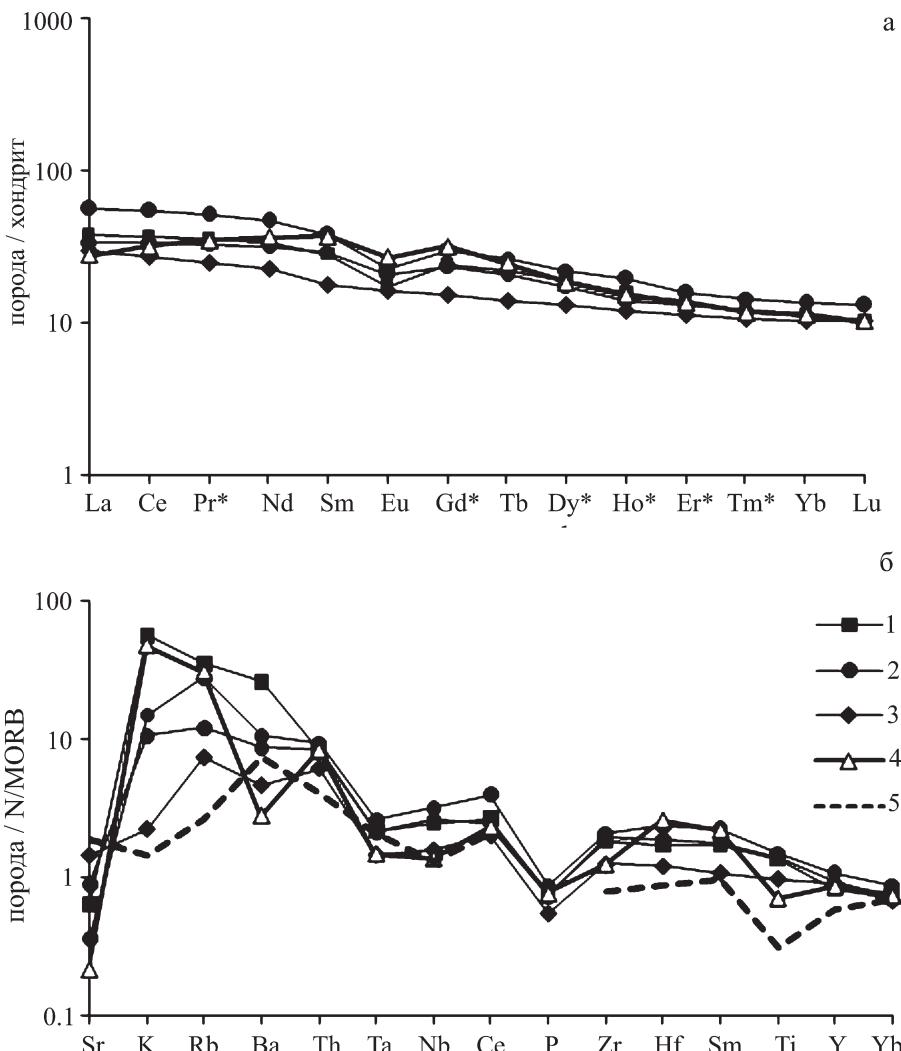


Рис. 3. Графики распределения РЗЭ (а) и спайдер-диаграмма (б) в исследуемых базальтах: 1 — ультракалиевые породы нижней части покрова, 2 — измененные базальты, 3 — базальты, 4 — щелочные базальты Южного Тимана [13], 5 — нижняя кора [8]

Fig. 3. REE distribution Charts (a) and spider-diagram (б) of the studied basalts. 1 — ultrapotassic rocks of bottom of the cover 2 — altered basalts, 3 — basalts, 4 — alkaline basalts of South Timan [13], 5 — lower crust [8]

порода отобрана в базальтовом карьере (13-5/11), по ней также получены данные, подтверждающие схожесть с обр. С3/10 (табл. 1, 2, рис. 3).

По своему петрографическому составу и данным микрозондового анализа порода не является базальтом, так как не содержит типичных минералов. На диаграмме TAS точки составов находятся в поле тифрофонолитов или фонотефритов. Нормативно в них отсутствуют фельдшпатоиды и рассчитывается ортоклаз (Ог 58–68 %). На диаграммах Харкера точки составов характеризуются такими же зависимостями, как и базальты покрова, при увеличении содержания MgO содержания Na₂O и CaO увеличиваются, а содержания всех остальных петрогенных оксидов уменьшаются (тренды нередко параллельны друг другу).

Породы (C4/10, C4a/10, C5/10) промежуточной зоны, расположены

между породами подошвенной части и собственно базальтами покрова, представлены сыпучим материалом разной окраски (белой, бежевой и коричневой) — песком, сложенным обломками как базальта, так и его минералов. По своему химическому составу они также соответствуют базальтам (табл. 1). Наблюдаемые вариации химического состава в содержании оксидов (магния, кальция, калия) объясняются наличием обломков как базальтов, так и нежелезащих щелочных пород, вариации в составе глинозема возникли благодаря процессам выветривания. Однако по своему геохимическому составу эти породы близки к щелочным породам подошвы покрова (рис. 3, а–б).

Вышезалегающие базальты (С6/10) — долериты, представленные полноцристаллической породой темно-серого цвета с зеленоватым оттен-

ком. Текстура массивная, структура порфировая, долеритовая. Под микроскопом наблюдается порфировая структура породы, обусловленная наличием вкрапленников плагиоклаза и пироксена, интерсертальная для основной массы. Вкрапленники плагиоклаза составляют 15–45 об. %, пироксена — 5–30 об. %; матрикс плагиоклаз-пироксеновый, рудный минерал — титаномагнетит (?), стекло (палагонит). Структуру породы формируют вкрапленники клинопироксена и плагиоклаза, располагающиеся как в форме единичных кристаллов, так и в виде скоплений, погруженных в микролитовый матрикс, сформированный мелкими лейстами плагиоклаза и близизометрическими кристаллами пироксена. Плагиоклазы вкрапленников зональные, по химическому составу центральные части соответствуют лабрадору, а краевые — андезину. Незональный плагиоклаз основной массы представлен андезином [5]. Клинопироксены вкрапленников также зональные, центральные части представлены авгитом, а краевые — пижонитом. Клинопироксены основной массы представлены практически исключительно авгитом [4]. Вулканическое стекло составляет 7–30 об. % породы и слагает межзерновые промежутки между кристаллами плагиоклаза и пироксена. Рудный минерал занимает до 10 об. % породы, форма выделений различна: угловатая, неправильная, часты скелетные формыроста, выделения «елочкой» и другие, размер 0.3–0.5 мм. Микрозондовое изучение рудных минералов показало, что они неоднородны по строению, в них обычно наблюдаются структуры распада твердого раствора Fe-Ti-фаз. Микрофотографии и составы показывают, что магнетит и ильменит являются продуктами распада титаномагнетита [2]. Базальты нормально щелочного ряда [3], содержание кремнезема SiO₂ — на уровне 50 мас. %, суммарное содержание Na₂O + K₂O составляет 2 мас. %. Базальты относятся к умеренно низкотитанистым, низкоглиноземистым. На диаграммах разделения известково-щелочных и толеитовых серий точки составов изученных базальтов лежат в поле толеитовых пород. Содержание РЗЭ элементов высокое (табл. 2), нормированные спектры РЗЭ имеют пологий наклон, без европиевой аномалии, и типичны для базальтов (рис. 3, а). Спектры



на спайдерграхмах близки и отличаются лишь более низким содержанием нормированных значений K и Rb (рис. 3, б). На диаграммах, использованных для реконструкции геодинамических обстановок формирования, составы изученных нами базальтов попадают в разные поля, в основном соответствуя полям развития базальтов континентальных рифтов.

Выводы

В работах предшественников в приподошвенной части Верхневорыквинского покрова не было отмечено присутствия высокощелочных пород. Высокие содержания калия минералогически подтверждаются наличием исключительно калиевого полевого шпата (ортоклаза) и калиевого же стекла. Их наличие, а также отсутствие признаков замещения ими первичных минералов, на наш взгляд, не позволяет говорить о калиевом метасоматозе базальтов. С другой стороны, отсутствие типичных минералов плагиоклаза, пироксена, особенности химического состава не позволяют рассматривать их как щелочные базальты.

Возможный генезис подобных пород: 1) это первая порция базальтового расплава, обогащенного щелочами, из верхней части магматической камеры; 2) внедрение по зоне контакта более позднего расплава с отличным от базальтового более щелочным составом; 3) это породы (подошвенной) приконтактовой зоны, где происходит остеклование (обжиг), источник калия, возможно, подстилающие бокситы. По данным разных авторов, содержание оксида калия в бокситах Вежаю-Ворыквинского месторождения сильно варьирует и в основном находится на уровне 0.01–0.30 мас. %, но в ряде случаев может достигать 5 мас. %.

Авторы склоняются к варианту внедрения более позднего щелочного расплава по зоне контакта. Аналогичная порода, сложенная 90 %-м калиевым полевым шпатом (ортоклазом) дайка полнокристаллических сиенитов, известна в этом районе по данным бурения, а также вскрыта расчисткой в районе р. Верхняя Ворыква [12]. Сходные по описанию ультракалиевые породы (но фельдшпатоидные базальты с нормативными лейцитом и нефелином), сложенные гипидиоморфо-

зернистыми вкрашенниками калиевого полевого шпата (псевдоморфами ортоклаза по санидину), хлоритом и карбонатом, описаны в рвущем трубковом теле «Сидоровская диатрема» на Вольско-Вымской гряде (Средний Тиман) [7].

Работа проводится при частичном финансировании гранта РФФИ «13-05-00353».

Литература

1. Анферова Е. А. Особенности химического состава минералов базальтов нижней части Верхневорыквинского покрова (Средний Тиман) // Структура, вещество, история литосфера Тимано-Североуральского сегмента: Материалы 21-й научной конференции. Сыктывкар. Геопринт, 2011. С. 8–12.
2. Анферова Е. А. Рудные минералы базальтов Верхневорыквинского покрова (Средний Тиман) // Металлогенез древних и современных океанов – 2012: Гидротермальные поля ируды: Материалы 18-й научной молодежной школы. Миасс, 2012. С. 333–335.
3. Анферова Е. А., Удоратина О. В. Базальты Верхневорыквинского покрова Среднего Тимана // Структура, вещество, история литосфера Тимано-Североуральского сегмента: Материалы 22-й научной конференции. Сыктывкар. Геопринт, 2013. С. 8–12.
4. Анферова Е. А., Удоратина О. В., Шевчук С. С. Пироксены базальтов Верхневорыквинского покрова (Средний Тиман) // Там же: Материалы 23-й научной конференции. Сыктывкар. Геопринт, 2014. С. 7–12.
5. Анферова Е. А., Шевчук С. С., Удоратина О. В. Плагиоклазы базальтов Верхневорыквинского покрова Среднего Тимана // Экспериментальная минералогия, петрология и геохимия: IV Всероссийская школа молодых ученых: Сборник трудов. Черноголовка, 2013. С. 5–7.
6. Корреляция магматических комплексов Европейского Северо-Востока СССР / В. Н. Охотников. В. И. Мизин. Л. Т. Белякова и др. // Научные рекомендации — народному хозяйству: Серия препринтов. Сыктывкар, 1985. Вып. 53. 24 с.
7. Макеев А. Б., Лебедев В. А., Брянчанинова Н. И. Магматиты Среднего Тимана. Екатеринбург, УрО РАН, 2008. 348 с.
8. Тейлор С. Р., МакЛеннан С. М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. Москва: Мир, 1988. 384 с.
9. Удоратина О. В., Андреичев В. Л., Саватенков В. М., Травин А. В. 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. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2014. Т. II. С. 128–131.
10. Удоратина О. В., Варламов Д. А., Куликова К. В. Специфичная рудная минерализация как средство диагностики вулканических пород (на примере измененных вулканитов Южного Тимана) // Диагностика вулканогенных продуктов в осадочных толщах: Материалы российского совещания с международным участием. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2012. С. 184–186.
11. Boynton W. V. Geochemistry of Rare Elements Meteorite Studies // Rare Earth Element Ceohemistry. Amsterdam, 1984. P. 63–114.
12. Удоратина О. В., Буртсев И. Н., Кулакова К. В., Варламов Д. А. Ultra-potassium Trachytes from Middle Timan // Geochemistry of magmatic rocks – 2010: Abstracts of XXVII International Conference School «Geochemistry of Alkaline rocks». Moscow-Koktebel, 2010. P. 211–213.
13. Удоратина О. В., Варламов Д. А., Кулакова К. В., Савельев В. П. Ultrapotassium volcanites and native oxide mineralization in them (South Timan) // Geochemistry of magmatic rocks. XXIX International conference. Ore potential of alkaline, kimberlite and carbonatite magmatism. Skool «Geochemistry of alkaline rocks». Sudak-Moscow, 2012. P. 118–120.

References

1. Anferova E. A. Особенности химического состава минералов базальтов нижней части Верхневорыквинского покрова (Средний Тиман) (Chemical Composition of Basalt Minerals from the Lower Part of Upper Vorykva Cover (Middle Timan). Struktura, veschestvo, istoriya litosfery Timano-Severoural'skogo segmenta. Materialy 21-i nauchnoi konferentsii (Structure, Substance, History of lithosphere of Timan-Northern Ural segment. Proceedings of 21st conference). Syktyvkar. Geoprint, 2011, pp. 8–12.
2. Anferova E. A. Rudnye mineraly bazal'tov Verhne-Vorykvenskogo pokrova (Srednii Timan) (Ore Minerals of Basalts of Upper Vorykva cover (Middle Timan). Metallogeniya drevnikh i sovremenennykh okeanov-2012. Gidrotermal'nye polya i rudy. Materialy 18-i nauchnoi molodezhnoi shkoly (Metallogeny of Ancient and Modern Oceans-2012. Hydrothermal Fields and Ores. Proceedings of 21st science young school). Miass, 2012, pp. 333–335.
3. Anferova E. A., Udaratina O. V. Bazalty Verhne-Vorykvenskogo pokrova Srednego



Timana (Basalts of Upper Vorykva Cover of Middle Timan). Struktura, veschestvo, istoriya litosfery Timano-Severoural'skogo segmenta. Materialy 22-i nauchnoi konferentsii (Structure, Substance, History of Lithosphere of Timan-Northern Ural segment. Proceedings of 22nd conference). Syktyvkar, Geoprint, 2013, pp. 8–12.

4. Anferova E. A., Udaratina O. V., Shevchuk S. S. Pirokseny bazal'tov Verhne-Vorykvenskogo pokrova (Srednii Timan) (Piroxenes of basalts of Upper Vorykva cover (Middle Timan)). Struktura, veschestvo, istoriya litosfery Timano-Severoural'skogo segmenta. Materialy 22-i nauchnoi konferentsii (Structure, Substance, History of Lithosphere of Timan-Northern Ural segment. Syktyvkar, Geoprint, 2014, pp. 7–12).

5. Anferova E. A., Shevchuk S. S., Udaratina O. V. Plagioklazy bazal'tov Verhne-Vorykvenskogo pokrova in Srednii Timan (Plagioclases of basalts of Upper Vorykva cover in Middle Timan). Eksperimental'naya mineralogiya, petrologiya i geohimiya. IV Vserossiiskaya shkola molodyh uchenyh. Sbornik trudov (Experimental mineralogy, petrology and geochemistry. 4th All-Russia School of Young Scientists. Collection). Chernogolovka, 2013, pp. 5–7.

6. Korrelyatsiya magmaticheskikh kompleksov Evropeiskogo severo-vostochnogo SSSR (Correlation of magmatic com-

plexes or European North-East of the USSR). V. N. Ohotnikov. V. I. Mizin. L. T. Belyakova et al. Nauchnye rekomendatsii — narodnomu hozyaistvu (Science recommendations to Economics). Syktyvkar, 1985, 53, 24 pp.

7. Makeev A. B., Lebedev V. A., Bryanchaninova N. I. Magmatity Srednego Timana (Magmatites of Middle Timan). Ekaterinburg, UB RAS, 2008, 348 pp.

8. Teilor S. R., Mak-Lennan S. M. Kontinentalnaya kora: ee sostav i evolyutsiya (Continental Crust: Its Composition And Evolution). Moscow: Mir, 1988, 384 pp.

9. Udaratina O. V., Andreichev V. L., Savatenkov V. M., Travin A. V. Bazalty Srednego Timana: Rb–Sr, Sm–Nd i Ar–Ar dannye (Basalts of Middle Timan: Rb–Sr, Sm–Nd i Ar–Ar-data). Geologiya i mineral'nye resursy Evropeiskogo Severo-Vostoka Rossii: Materialy XVI Geologicheskogo s'ezda Respubliki Komi (Geology and mineral resources of European North-East of Russia: Proceedings of 16th Geological conference of Komi Republic). V. 2, Syktyvkar, IG Komi SC UB RAS, 2014, pp. 128–131.

10. Udaratina O. V., Varlamov D. A., Kulikova K. V. Spetsifichnaya rudnaya mineralizatsiya kak sredstvo diagnostiki vulkanicheskikh porod (na primere izmenennyh vulkanitov Yuzhnogo Timana) (Specific ore mineralization for diagnosis

of igneous rocks on example of volcanites of South Timan). Diagnostika vulkanogennyh produktov v osadochnyh tolschah: Materialy Rossiiskogo soveschaniya s mezhdunarodnym uchastiem. (Diagnostics of igneous products in sediments: Proceedings of Russian Meeting with International Participation). Syktyvkar, IG Komi SC UB RAS, 2012, pp. 184–186.

11. Boynton W. V. Geochemistry of Rare Elements Meteorite Studies. Rare Earth Element Geochemistry. Amsterdam, 1984, pp. 63–114.

12. Udaratina O. V., Burtsev I. N., Kulikova K. V., Varlamov D. A. Ultrapotassium Trachytes from Middle Timan. Geochemistry of magmatic rocks-2010: Abstracts of XXVII International Conference School «Geochemistry of Alkaline rocks». Moscow-Koktebel, 2010, pp. 211–213.

13. Udaratina O. V., Varlamov D. A., Kulikova K. V., Savelev V. P. Ultrapotassium volcanicites and native oxide mineralization in them (South Timan). Geochemistry of magmatic rocks. XXIX International conference. Ore potential of alkaline, kimberlite and carbonatite magmatism. Skool «Geochemistry of alkaline rocks». Sudak-Moscow, 2012, pp. 118–120.

Рецензент
К. Г.-М. Н. Е. Н. Волчек



УДК 549. 514:552.321

ПЕТРОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ZrO_2/HfO_2 -ОТНОШЕНИЯ В АКЦЕССОРНОМ ЦИРКОНЕ ГРАНИТОВ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА



Ю. В. Денисова

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
yulden777@yandex.ru

Одним из важнейших индикаторных отношений для циркона является ZrO_2/HfO_2 -отношение, величина которого зависит не только от времени формирования породы, но и от особенностей петрографического состава материнской породы. В работе изучены ZrO_2/HfO_2 -отношения для разных морфотипов акцессорного циркона из гранитов Приполярного Урала (Бадьяюский, Яротский, Кожимский и Николайшорский массивы). Составлены и проанализированы гистограммы распределения величин ZrO_2/HfO_2 -отношений с помощью статистических методов. На основе цирконий-гафниевого отношения в разных морфотипах циркона высказано предположение об условиях формирования гранитных массивов.

Ключевые слова: акцессорный циркон, гранитоид, Бадьяюский массив, Яротский массив, Кожимский массив, Николайшорский массив, Приполярный Урал.

THE PETROGENETIC VALUE OF THE ZrO_2/HfO_2 RATIO IN ZIRCONS (SUBPOLAR URALS)

Yu. V. Denisova

Institute of geology of Komi SC UB RAS, Syktyvkar
yulden777@yandex.ru

One of the most important indicator of ratios for zircon is ZrO_2/HfO_2 ratio, the value of which depends not only on the time of formation of the rocks, but also on the characteristics of petrographic composition of source rocks. The paper studies ZrO_2/HfO_2 ratios for different morphotypes of accessory zircons from granites of the Subpolar Urals (the Badjaju, Yarot, Kozhim and Nikolaihsor massifs). The histograms of the distribution of values of ZrO_2/HfO_2 ratios were compiled and analyzed using statistical methods. Based on zirconia—hafnium relationship in different morphotypes of zircon the formation of granite massifs was suggested.

Keywords: accessory zircon, granitoid, Badjaju massif, Yarot massif, Kozhim massif, Nikolaihsor massif, the Subpolar Urals.

Геохимические особенности циркона, являющегося одним из распространенных акцессорных минералов магматических пород, отражают физико-химические особенности среды минералообразования, что дает возможность получить дополнительную информацию о природе и условиях формирования породы. Состав элементов-примесей минерала разнообразен, при этом значительная часть суммарного весового содержания примесей приходится на долю гафния, что позволяет использовать Hf^{4+} в качестве одного из основных индикаторных элементов. Отличительной особенностью поведения гафния является его постепенное накопление относительно Zr^{4+} в процессе формирования породы [5]. Это объясняется большей устойчи-

востью гафния при изменении режима системы (давления, температуры, щелочности) по сравнению с цирконием, который, обладая относительно большей величиной потенциала ионизации, легче вступает в реакции и проявляет большую миграционную способность в процессе магматической дифференциации. Также необходимо отметить, что величина данного соотношения зависит и от особенностей петрографического состава материнской породы. Так, например, для цирконов из гранитов величина ZrO_2/HfO_2 -отношения составляет 35–40, из габбро — 118–135 и т. д. [1].

В данной работе впервые были получены данные о содержаниях циркония, гафния, изучены величины ZrO_2/HfO_2 -отношений по каж-

дому выявленному морфогенетическому типу акцессорного циркона из гранитных массивов Приполярного Урала (Бадьяюского, Яротского, Кожимского, Николайшорского). Типохимические и типоморфические особенности минерала этих массивов были рассмотрены ранее [2, 3]. Также необходимо отметить, что М. В. Фишманом, Н. П. Юшкиным, Б. А. Голдиным и Е. П. Калининым уже проводились определения цирконий-гафниевых отношений для акцессорного циркона из гранитов рассматриваемых массивов. Согласно выводам упомянутых исследователей, ZrO_2/HfO_2 -отношения в цирконах из различных массивов подобны и в среднем составляют 32 при диапазоне от 27 до 38 [7].



Морфологические особенности цирконов

Аксессорные цирконы в границах Приполярного Урала представлены следующими морфологическими типами.

Первый тип — бесцветный прозрачный короткопризматический циркон. Габитус кристаллов обусловлен развитием призмы (110) и дипирамиды (111). Размер кристаллов 0.05—0.25 мм. Коэффициент удлинения 0.6—1.2. Поверхность граней гладкая, блестящая. Внутреннее строение зерен характеризуется наличием 2—3 зон. Содержание цирконов первого типа оставляет 60—70 % (85—95 % для Кожимского массива) от общего объема этого минерала в породе.

Темно-коричневый короткопризматический прозрачный циркон выделен во **второй тип**. Развиты грани (100), (110), присутствует (111) дипирамида. Размер таких кристаллов 0.1—0.25 мм. Коэффициент удлинения 0.8—1.3. Внутреннее строение, как правило, малозональное. Поверхность кристаллов гладкая, блестящая. Содержание цирконов второго типа в среднем 10—20 (25) % (1—5 % для Кожимского массива) от общего объема минерала в породе.

Третий тип составляют бесцветные прозрачные цирконы длиннопризматического габитуса. Размер кристаллов 0.5—0.9 мм, коэффициент удлинения 1.5—4.0 (3.0—7.0 для цирконов Николайшорского массива). Габитус кристалла обусловлен развитием граней (100), (110). Внутреннее строение отдельных кристаллов малозональное. Содержание циркона данного морфологического типа 10—15 % (1—5 % для Кожимского массива) от общего состава содержания минерала в породе.

Четвертый тип циркона встречается только в гранитах Бадьяюского массива. Это темно-коричневый циркон длиннопризматического габитуса размером 0.6—0.8 мм с коэффициентом удлинения 2.0—3.5. Поверхность гладкая, блестящая. Габитус кристалла обусловлен развитием граней (100), (110). Зерна циркона преимущественно малозональные. Содержание циркона данного морфологического типа 1—5 % от общего состава содержания минерала.

Пятый тип характерен только для гранитоидов Николайшорского массива и представлен светло-желтыми матовыми окатанными цирконами. Размер кристаллов 0.25—

0.5 мм. Коэффициент удлинения 0.7—1.2. Поверхность шероховатая. Внутреннее строение отдельных кристаллов зональное. В отдельных зернах можно встретить включения кварца. Содержание цирконов этого типа составляет 5—10 % от общего объема данного минерала в породе.

Цирконий-гафниевое отношение в цирконах гранитов

Граниты, из которых были выделены и проанализированы цирконы, принадлежат массивам, занимающим разную геологическую позицию и отличающимся своими морфологическими особенностями.

Бадьяюский гранитоидный массив протягивается на 10 км вдоль западного склона Народоитинского кряжа, пересекая долины рек Малая и Большая Бадьяю в их верховьях, затем далее на юг до р. Селемью. Ширина массива в среднем составляет 700 м. Считается, что этот массив является непосредственным продолжением расположенного северней Лемвинского гранитного массива. Вмещающими массив являются метатерригенные отложения моронинской свиты верхнего рифея.

Таблица 1

Содержания ZrO₂, HfO₂ и их отношение в цирконах Бадьяюского массива

Contents of ZrO₂, HfO₂ and their relations in zircons of the Badjaju massif

Table 1

| № анализа | Морфологический тип | | | | | | | | | | | |
|--------------|---------------------|------------------|------------------------------------|------------------|------------------|------------------------------------|------------------|------------------|------------------------------------|------------------|------------------|------------------------------------|
| | I | | | II | | | III | | | IV | | |
| | ZrO ₂ | HfO ₂ | ZrO ₂ /HfO ₂ | ZrO ₂ | HfO ₂ | ZrO ₂ /HfO ₂ | ZrO ₂ | HfO ₂ | ZrO ₂ /HfO ₂ | ZrO ₂ | HfO ₂ | ZrO ₂ /HfO ₂ |
| 1 | 64.55 | 1.56 | 41.38 | 64.75 | 1.32 | 49.05 | 65.02 | 1.52 | 42.78 | 65.29 | 1.26 | 51.88 |
| 2 | 64.59 | 1.52 | 42.51 | 64.81 | 1.39 | 46.63 | 65.62 | 1.41 | 46.54 | 64.25 | 1.28 | 50.12 |
| 3 | 64.51 | 1.56 | 41.35 | 64.78 | 1.31 | 49.45 | 65.03 | 1.52 | 42.78 | 65.82 | 1.38 | 47.70 |
| 4 | 64.12 | 1.29 | 49.71 | 64.45 | 1.22 | 52.93 | 64.07 | 1.32 | 48.54 | 63.54 | 1.28 | 49.60 |
| 5 | 65.38 | 1.56 | 41.91 | 64.5 | 1.38 | 46.74 | 65.24 | 1.33 | 49.05 | 64.46 | 1.16 | 55.57 |
| 6 | 65.23 | 1.56 | 41.81 | 64.63 | 1.13 | 56.98 | 64.67 | 1.37 | 47.20 | 64.29 | 1.29 | 50.02 |
| 7 | 64.58 | 1.75 | 36.90 | 65.4 | 1.21 | 54.17 | 64.75 | 1.45 | 44.77 | 64.8 | 1.34 | 48.20 |
| 8 | 64.45 | 1.64 | 39.30 | 65.36 | 1.11 | 58.88 | 65.02 | 1.69 | 38.58 | 64.52 | 1.58 | 40.84 |
| 9 | 64.89 | 1.45 | 44.75 | 65.21 | 1.18 | 55.26 | 64.47 | 1.25 | 51.56 | 64.12 | 1.43 | 44.84 |
| 10 | 64.68 | 1.78 | 36.34 | 65.18 | 1.19 | 54.77 | 65.03 | 1.19 | 54.66 | 64.02 | 1.39 | 46.03 |
| 11 | 64.23 | 1.51 | 42.62 | 64.7 | 1.15 | 56.26 | 65.02 | 1.22 | 53.30 | 64.55 | 1.23 | 52.48 |
| 12 | 64.25 | 1.34 | 47.87 | 64.12 | 1.08 | 59.37 | 65.23 | 1.28 | 51.03 | 64.33 | 1.19 | 54.06 |
| 13 | 65.02 | 1.50 | 43.31 | 64.68 | 1.12 | 57.75 | 64.75 | 1.61 | 40.22 | 64.87 | 1.32 | 49.14 |
| 14 | 64.47 | 1.54 | 41.86 | 65.08 | 1.16 | 56.10 | 64.78 | 1.32 | 49.08 | 65.88 | 1.17 | 56.18 |
| 15 | 64.04 | 1.49 | 42.93 | 65.75 | 1.16 | 56.68 | 65.02 | 1.35 | 48.16 | 65.98 | 1.25 | 52.88 |
| 16 | 64.22 | 1.68 | 38.23 | 65.08 | 1.12 | 58.11 | 66.02 | 1.32 | 50.12 | 64.71 | 1.52 | 42.52 |
| 17 | 64.25 | 1.56 | 41.19 | 64.89 | 1.28 | 50.6 | 65.15 | 1.33 | 49.01 | 65.78 | 1.25 | 52.62 |
| 18 | 65.03 | 1.26 | 51.61 | 64.56 | 1.42 | 45.46 | 65.74 | 1.40 | 46.88 | 64.98 | 1.28 | 50.77 |
| 19 | 65.02 | 1.89 | 34.40 | 64.58 | 1.33 | 48.56 | 65.13 | 1.42 | 45.87 | 65.59 | 1.27 | 51.56 |
| 20 | 65.02 | 1.72 | 37.80 | 65.44 | 1.16 | 56.20 | 65.25 | 1.33 | 49.12 | 64.11 | 1.22 | 52.55 |
| Cр. | - | - | 41.89 | - | - | 53.50 | - | - | 47.46 | - | - | 49.98 |
| σ | - | - | 4.20 | - | - | 4.35 | - | - | 4.00 | - | - | 3.95 |
| V, % | - | - | 10.03 | - | - | 8.13 | - | - | 8.44 | - | - | 7.90 |

Примечание. Место отбора пробы: в истоках р. Бадьяю, на левом берегу ручья, в 300 м выше левого притока (серые граниты). Микрозондовый анализ выполнен в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН (Vega3 Tescan, аналитик С. С. Шевчук).



Аксессорный циркон Бадья-
юского гранитного массива пред-
ставлен четырьмя морфологиче-
скими типами, для каждого из которых
с помощью микрозондового анали-
за были получены содержания ZrO_2 ,
и HfO_2 , определены ZrO_2/HfO_2 -
отношения (табл. 1) и составлены ги-
стограммы их распределения (рис. 1).

При использовании различных
статистических методов примени-
тельно к изучаемым выборкам необ-
ходимо проверить согласованность
распределения эмпирических дан-
ных с нормальным законом с по-
мощью критерия согласия Пирсона
(табл. 2) [6].

Для всех морфотипов выполня-
ется неравенство $\chi^2_{\text{расчет}} < \chi^2_{\text{крит}}$, что
позволяет сделать вывод о нормаль-
ном распределении исходных дан-
ных.

Для цирконов I типа ZrO_2/HfO_2 -
отношения приходятся на интер-
вал 34–52 с двумя пиками (36–38 и
40–42) (рис. 1, а). Границные содер-
жания ZrO_2/HfO_2 -отношений для цирконов II типа составляют от 44
до 60 с двумя резкими повыше-
ниями на интервалах 46–50 и 56–58
(рис. 1, б). Графики, показывающие
частоту встречаемости ZrO_2/HfO_2 -
отношений для III и IV морфотипов,
имеют мономодальный характер (III
типа — интервал 38–56 с пиком на
48–50; IV типа — интервал 40–58 с
пиком на 50–52) (рис. 1, в, г).

При стабильных условиях фор-
мирования породы происходит посте-
пенное накопление гафния, следстви-
ем чего является уменьшение величины
 ZrO_2/HfO_2 -отношения от ранних
фаз гранитоидных комплексов к бо-
льше поздним [5]. Таким образом, первым
криSTALLизовался циркон II типа
(наибольшая средняя величина $ZrO_2/$
 HfO_2 -соотношения — 53.50), а на за-
вершающей стадии формирования
породы — циркон I типа (наимень-
шая средняя величина ZrO_2/HfO_2 -
соотношения — 41.89) (табл. 1).

Визуально выявленную бимо-
дальность гистограмм для I и II мор-
фотипов проверим с помощью ме-
тода Голдина (табл. 3) [7]. Выдвинем
гипотезу о мономодальности этих
распределений.

Для I морфотипа ($t_{\text{расчет}} > t_{\text{крит}}$),
в отличие от II типа акцессорного
циркона, нулевая гипотеза о моно-
модальности распределения не под-
твердила.

Гистограммы распределения ве-
личины ZrO_2/HfO_2 для I, III, IV мор-

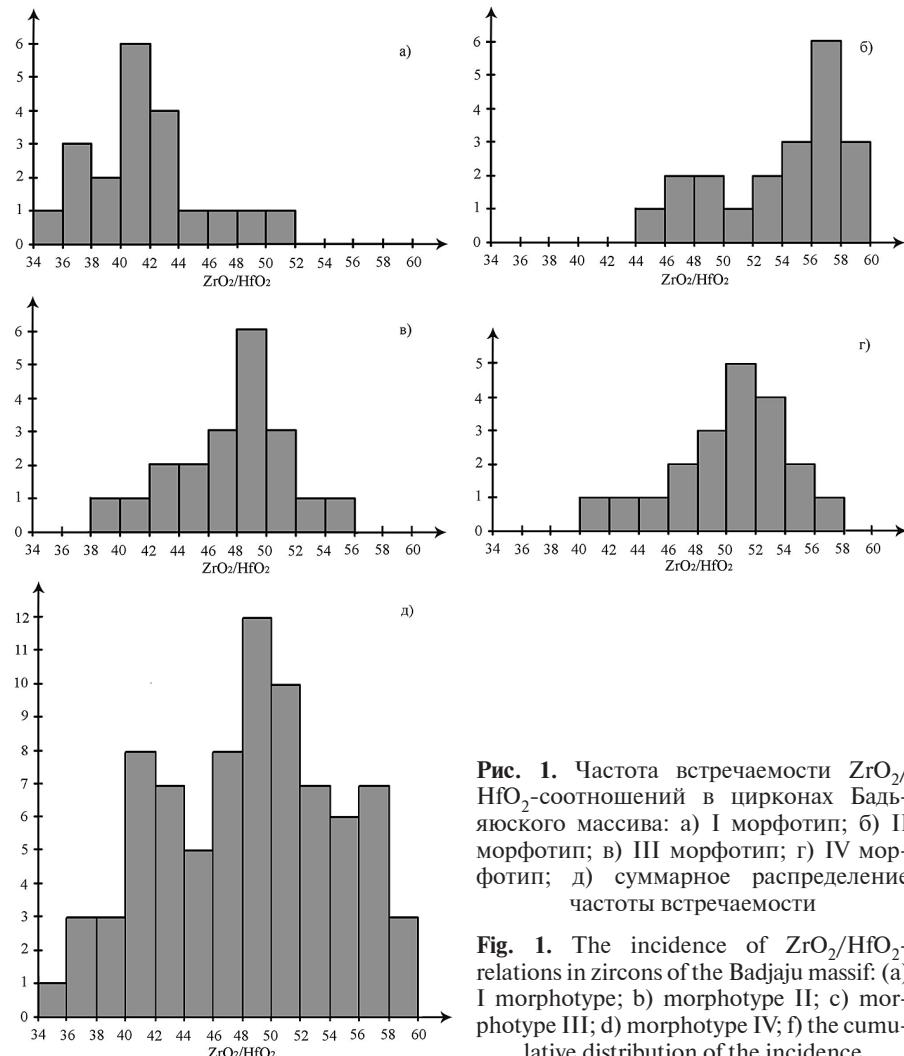


Рис. 1. Частота встречаемости ZrO_2/HfO_2 -соотношений в цирконах Бадья-
юского массива: а) I морфотип; б) II морфотип; в) III морфотип; г) IV мор-
фотип; д) суммарное распределение частоты встречаемости

Fig. 1. The incidence of ZrO_2/HfO_2 -
relations in zircons of the Badjaju massif: (a)
I morphotype; b) morphotype II; c) morpho-
type III; d) morphotype IV; f) the cumu-
lative distribution of the incidence

Таблица 2
Проверка гипотезы о нормальном распределении ZrO_2/HfO_2 -соотношений
в цирконах Бадьяюского массива

Table 2
Testing of the hypothesis about normal distribution of ZrO_2/HfO_2 relations
in zircons of the Badjaju massif

| Морфотип | Критерий согласия Пирсона | | |
|----------|---------------------------|--------------------------|------------------------|
| | Количество интервалов | $\chi^2_{\text{расчет}}$ | $\chi^2_{\text{крит}}$ |
| I | 9 | 3,667 | 12,6 |
| II | 8 | 7,083 | 11,1 |
| III | 9 | 1,583 | 12,6 |
| IV | 9 | 1,667 | 12,6 |

Примечание. $\chi^2_{\text{расчет}}$ — расчетный критерий Пирсона; $\chi^2_{\text{крит}}$ — табличное зна-
чение критерия Пирсона.

Таблица 3
Проверка гипотезы о мономодальности распределения
 ZrO_2/HfO_2 -соотношений в цирконах Бадьяюского массива

Table 3
Testing of the hypothesis about monomodality the distribution
of ZrO_2/HfO_2 relations in zircons of the Badjaju massif

| Морфотип | Сумма всех частот | Частоты | | | $t_{\text{расчет}}$ | $t_{\text{крит}}$ |
|----------|-------------------------|--------------------|--------------------|---------|---------------------|-------------------|
| | | первый максимум | второй максимум | минимум | | |
| I | 20 | 3 | 6 | 1 | 2.22 | 2.02 |
| II | 20 | 2 | 6 | 1 | 1.88 | 2.02 |

Примечание. $t_{\text{расчет}}$ — расчетный критерий; $t_{\text{крит}}$ (при $q = 0.05$) — табличное
значение критерия Стьюдента.



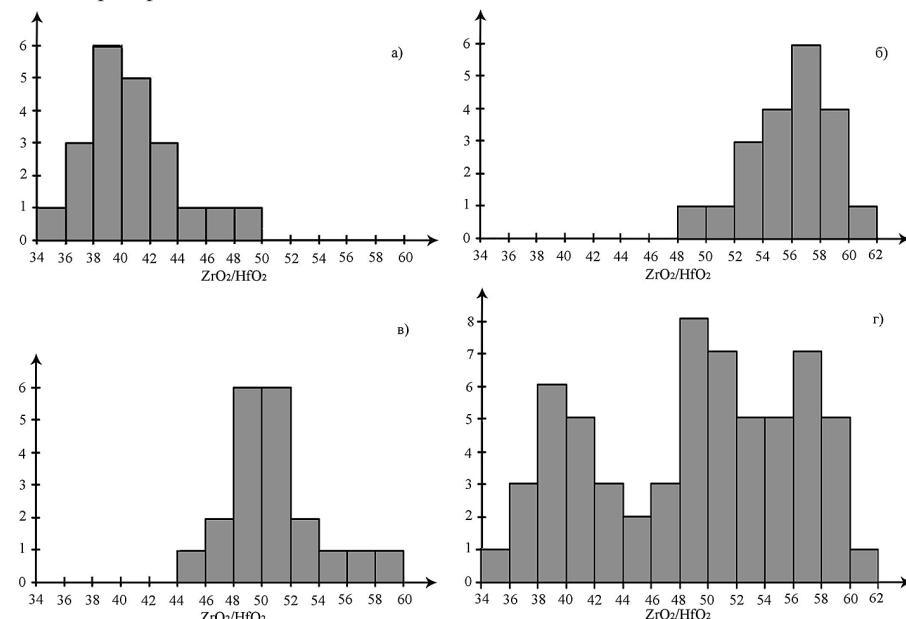
Таблица 4

Проверка гипотезы о равенстве средних значений ZrO_2/HfO_2 -соотношений в цирконах Бадьяуского массива

Table 4

Testing of the hypothesis about of equality of mean values of ZrO_2/HfO_2 relations in zircons of the Badjaju massif

| Морфотип | Среднее значение ZrO_2/HfO_2 | Дисперсия | Сумма всех частот | $t_{\text{расчет}}$ | $t_{\text{крит}}$ |
|----------|--------------------------------|-----------|-------------------|---------------------|-------------------|
| I | 41.89 | 17.64 | 20 | 4.29 | 2.02 |
| III | 47.46 | 16.00 | 20 | | |
| III | 47.46 | 16.00 | 20 | 1.96 | 2.02 |
| IV | 49.98 | 15.60 | 20 | | |
| IV | 49.98 | 15.60 | 20 | 3.54 | 2.02 |
| II | 53.50 | 18.92 | 20 | | |

Примечание. $t_{\text{расчет}}$ — расчетный критерий; $t_{\text{крит}} = t(38; 0.05)$ — табличное значение критерия Стьюдента.Рис. 2. Частота встречаемости ZrO_2/HfO_2 -соотношений в цирконах Яротского массива: а) I морфотип; б) II морфотип; в) III морфотип; г) суммарное распределение частоты встречаемостиFig. 2. The incidence of ZrO_2/HfO_2 -relations in zircons of the Yarot massif: (a) I morphotype; b) morphotype II; c) morphotype III; d) morphotype IV; f) the cumulative distribution of the incidence

фотипов являются мономодальными, что позволяет говорить о кристаллизации минерала в тектонически спокойной обстановке. При этом на каждой стадии формирования гранитов с изменением физико-химических условий кристаллизации происходит рост нового морфотипа циркона в следующей последовательности: морфотип II → морфотип III → морфотип IV → морфотип III → морфотип I.

Наличие нескольких морфологических типов частично подтверждается и гистограммой суммарного распределения ZrO_2/HfO_2 -отношений. В то же время, рассматривая гистограммы для III и IV морфотипов, видим, что средние величины ZrO_2/HfO_2 близки по своему значению (47.46 для III; 49.98 для IV), а также имеют место перекрывающиеся диапазоны ZrO_2/HfO_2 -отношений, на основании чего можно говорить о целесообразности проверки гипотезы о равенстве средних значений (табл. 4) [6].

Проведенная статистическая проверка гипотезы о равенстве средних с помощью критерия Стьюдента подтверждает отсутствие расхождения в определениях величин ZrO_2/HfO_2 -отношений цирконов III и IV типов, что позволяет считать эти морфологические типы цирконов разновидностями одного морфотипа акцессорного минерала.

Яротский гранитоидный массив представляет собой узкое пластинообразное кругопадающее тело, которое протягивается в субмеридиональном направлении более чем на 6 км при ширине от 50 до 200 м и располагается к югу от Бадьяуского массива. Как и Бадьяуский массив, он залегает среди отложений моронинской свиты.

В популяции акцессорного циркона Яротского гранитного массива определяются три морфологических типа. Содержания ZrO_2 и HfO_2 и соотношения этих элементов представлены в табл. 5, соответствующие гистограммы распределения отношений — на рис. 2.

Все полученные гистограммы характеризуются мономодальностью распределении ZrO_2/HfO_2 -соотношений (рис. 2). Для цирконов I типа ZrO_2/HfO_2 -соотношения приходятся на интервал 34–50 с пиком (38–40) (рис. 2, а). Величины ZrO_2/HfO_2 -соотношений для цирконов II типа распределяются в диапазоне от 48 до 62 с максимумом,

приходящимся на 48–62 (рис. 2, б). На гистограмме для акцессорного циркона III морфотипа также отмечается только один пик (48–52), расположенный на интервале 44–60 (рис. 2, в). На основе выявленных особенностей распределения ZrO_2/HfO_2 -отношений можно утверждать, что каждый морфологический тип характеризует отдельный этап гранитообразования, что подтверждается гистограммой суммарного распределения ZrO_2/HfO_2 -отношений (рис. 2, г). Согласно средним величинам индикаторного отношения, циркон II типа кристаллизовался на самом раннем этапе формирования породы (55.81), циркон I типа — на завершающей стадии (40.02).

Кожимский гранитный массив представляет собой серию вытяну-

тых платообразных изолированных тел с вмещающими породами, расположенных по обоим берегам реки Кожим в бассейнах рек Осею и Понью. Крупнейшее из них площадью более 25 км² иногда называется собственно Кожимским массивом, причем основная часть данного тела располагается в бассейне реки Кузьпуя, а его восточная переходит на правый берег Кожима. Граниты залегают среди метаморфизованных пара- и ортосланцев пуйвинской свиты среднего рифея.

Акцессорный циркон Кожимского гранитного массива — это преимущественно хорошо ограненные короткопризматические светлые кристаллы, в редких случаях отмечаются зерна других морфотипов. Как и для цирконов вышеописанных массивов, на основе содержаний



Таблица 5

Содержания ZrO_2 , HfO_2 и их отношение в цирконах Яротского массива

Table 5

Contents of ZrO_2 , HfO_2 and their relations in zircons of the Yarot massif

| № анализа | Морфологический тип | | | | | | | | |
|--------------|---------------------|---------|---------------|---------|---------|---------------|---------|---------|---------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | ZrO_2 | HfO_2 | ZrO_2/HfO_2 | ZrO_2 | HfO_2 | ZrO_2/HfO_2 | ZrO_2 | HfO_2 | ZrO_2/HfO_2 |
| 1 | 64.55 | 1.89 | 34.24 | 65.1 | 1.15 | 56.63 | 65.33 | 1.29 | 50.64 |
| 2 | 64.42 | 1.60 | 40.37 | 64.75 | 1.19 | 54.41 | 65.38 | 1.32 | 49.49 |
| 3 | 64.45 | 1.52 | 42.46 | 65.52 | 1.08 | 60.67 | 65.03 | 1.33 | 48.89 |
| 4 | 64.11 | 1.51 | 42.55 | 64.25 | 1.12 | 57.37 | 65.07 | 1.36 | 47.85 |
| 5 | 64.18 | 1.58 | 40.67 | 65.24 | 1.21 | 53.92 | 65.25 | 1.28 | 51.05 |
| 6 | 64.88 | 1.58 | 41.19 | 64.66 | 1.26 | 51.32 | 65.08 | 1.25 | 51.88 |
| 7 | 64.11 | 1.72 | 37.18 | 64.98 | 1.10 | 58.98 | 65.33 | 1.28 | 51.22 |
| 8 | 64.31 | 1.43 | 44.88 | 64.65 | 1.11 | 58.24 | 65.58 | 1.32 | 49.58 |
| 9 | 64.27 | 1.66 | 38.64 | 65.25 | 1.16 | 56.25 | 65.89 | 1.45 | 45.32 |
| 10 | 63.99 | 1.61 | 39.82 | 65.25 | 1.15 | 56.93 | 64.72 | 1.32 | 49.76 |
| 11 | 64.58 | 1.75 | 36.85 | 65.55 | 1.12 | 58.53 | 65.42 | 1.22 | 53.56 |
| 12 | 64.15 | 1.60 | 39.99 | 64.99 | 1.18 | 55.08 | 65.34 | 1.17 | 55.91 |
| 13 | 64.79 | 1.46 | 44.36 | 64.58 | 1.14 | 56.88 | 65.97 | 1.34 | 49.2 |
| 14 | 64.34 | 1.61 | 39.95 | 64.77 | 1.17 | 55.3 | 64.95 | 1.30 | 49.81 |
| 15 | 64.25 | 1.55 | 41.38 | 64.33 | 1.22 | 52.73 | 65.11 | 1.22 | 53.16 |
| 16 | 64.52 | 1.69 | 38.2 | 65.12 | 1.20 | 54.27 | 64.85 | 1.11 | 58.59 |
| 17 | 64.11 | 1.60 | 40.02 | 66.25 | 1.33 | 49.81 | 66.15 | 1.39 | 47.75 |
| 18 | 64.08 | 1.51 | 42.46 | 65.78 | 1.13 | 58.21 | 66.32 | 1.15 | 57.59 |
| 19 | 63.94 | 1.72 | 37.11 | 63.89 | 1.19 | 53.69 | 65.08 | 1.26 | 51.82 |
| 20 | 63.25 | 1.66 | 38.08 | 65.03 | 1.14 | 57.04 | 66.03 | 1.30 | 50.89 |
| Cp. | - | - | 40.02 | - | - | 55.81 | - | - | 51.20 |
| σ | - | - | 2.58 | - | - | 2.63 | - | - | 3.20 |
| V, % | - | - | 6.46 | - | - | 4.72 | - | - | 6.25 |

Примечание. Место отбора пробы: левобережье р. Малая Ярота, в 350 м от ручья, примерно в 2 км выше устья (серо-зеленый гранит). Микрозондовый анализ выполнен в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН (Vega3 Tescan, аналитик С. С. Шевчук)

Таблица 6

Содержания ZrO_2 , HfO_2 и их отношение в цирконах Кожимского массива

Table 6

Contents of ZrO_2 , HfO_2 and their relations in zircons of the Kozhim massif

| № анализа | Морфологический тип | | | | | | | | |
|--------------|---------------------|---------|---------------|---------|---------|---------------|---------|---------|---------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | ZrO_2 | HfO_2 | ZrO_2/HfO_2 | ZrO_2 | HfO_2 | ZrO_2/HfO_2 | ZrO_2 | HfO_2 | ZrO_2/HfO_2 |
| 1 | 63.56 | 1.35 | 47.08 | 64.08 | 1.25 | 51.26 | 63.88 | 1.45 | 44.06 |
| 2 | 64.22 | 1.59 | 40.39 | 63.99 | 1.25 | 51.02 | 63.63 | 1.28 | 49.71 |
| 3 | 63.75 | 1.47 | 43.37 | 64.21 | 1.23 | 52.20 | 64.40 | 1.28 | 50.12 |
| 4 | 63.75 | 1.38 | 46.20 | 64.58 | 1.14 | 56.49 | 63.93 | 1.58 | 40.46 |
| 5 | 63.54 | 1.56 | 40.73 | 65.02 | 1.33 | 48.89 | 63.75 | 1.42 | 44.89 |
| 6 | 64.38 | 1.32 | 48.77 | 64.02 | 1.09 | 58.73 | 63.48 | 1.56 | 40.69 |
| 7 | 63.75 | 1.41 | 45.21 | 64.26 | 1.18 | 54.32 | 64.25 | 1.33 | 48.34 |
| 8 | 63.44 | 1.39 | 45.64 | 63.88 | 1.12 | 57.04 | 64.02 | 1.36 | 47.07 |
| 9 | 63.88 | 1.54 | 41.48 | 64.22 | 1.21 | 53.07 | 63.89 | 1.42 | 44.99 |
| 10 | 63.75 | 1.61 | 39.60 | 64.12 | 1.12 | 57.50 | 63.45 | 1.33 | 47.71 |
| 11 | 63.67 | 1.34 | 47.51 | 63.75 | 1.18 | 53.97 | 65.11 | 1.31 | 49.70 |
| 12 | 63.44 | 1.52 | 41.74 | 65.24 | 1.11 | 58.69 | 63.03 | 1.61 | 39.15 |
| 13 | 63.89 | 1.55 | 41.22 | 64.11 | 1.36 | 47.14 | 63.45 | 1.32 | 48.07 |
| 14 | 63.78 | 1.52 | 41.96 | 63.55 | 1.32 | 48.14 | 64.50 | 1.32 | 48.86 |
| 15 | 63.88 | 1.48 | 43.16 | 64.12 | 1.19 | 54.10 | 64.11 | 1.49 | 43.03 |
| 16 | 63.89 | 1.33 | 48.04 | 62.23 | 1.11 | 56.18 | 63.12 | 1.37 | 46.11 |
| 17 | 64.12 | 1.39 | 46.13 | 65.02 | 1.20 | 54.33 | 62.55 | 1.24 | 50.33 |
| 18 | 64.02 | 1.39 | 46.06 | 63.22 | 1.15 | 55.16 | 63.89 | 1.25 | 51.12 |
| 19 | 64.33 | 1.42 | 45.30 | 64.12 | 1.15 | 55.89 | 63.44 | 1.36 | 46.77 |
| 20 | 63.45 | 1.65 | 38.45 | 64.14 | 1.19 | 54.08 | 62.87 | 1.27 | 49.56 |
| Cp. | - | - | 43.90 | - | - | 53.91 | - | - | 46.54 |
| σ | - | - | 2.99 | - | - | 3.24 | - | - | 3.46 |
| V, % | - | - | 6.80 | - | - | 6.01 | - | - | 7.44 |

Примечание. Место отбора пробы: в 1250 км по азимуту 90 град. от высоты с отметкой 1119 м, в истоках ручья, впадающего в ручей Кожым-Вож (гранит). Микрозондовый анализ выполнен в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН (Vega3 Tescan, аналитик С. С. Шевчук)

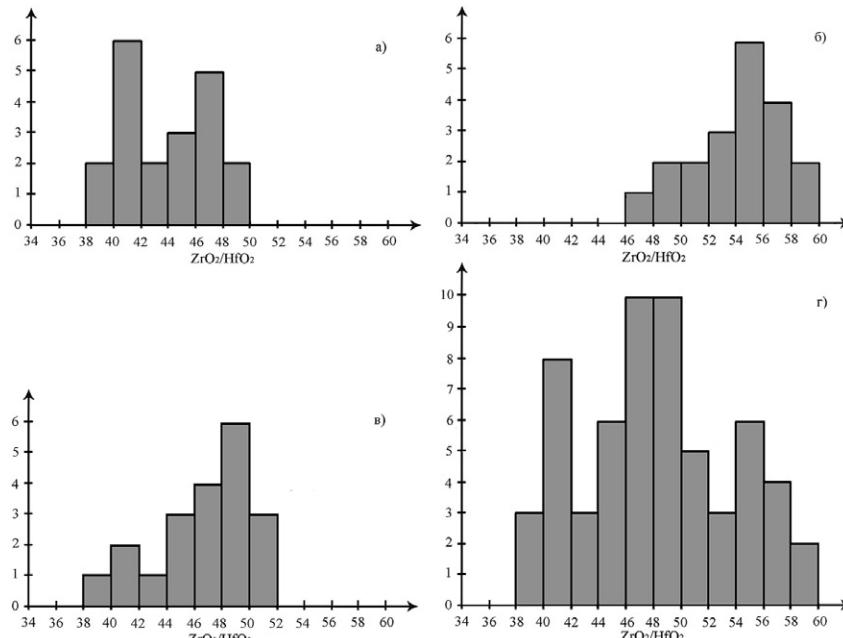


Рис. 3. Частота встречаемости ZrO_2/HfO_2 -соотношений в цирконах Кожимского массива: а) I морфотип; б) II морфотип; в) III морфотип; г) суммарное распределение частоты встречаемости

Fig. 3. The incidence of ZrO_2/HfO_2 -relations in zircons of the Kozhim massif: (a) I morphotype; (b) morphotype II; (c) morphotype III; (d) morphotype IV; (e) the cumulative distribution of the incidence

Таблица 7
Проверка гипотезы о нормальном распределении ZrO_2/HfO_2 -соотношений в цирконах Кожимского массива

Testing of the hypothesis about the normal distribution of ZrO_2/HfO_2 relations in zircons of the Kozhim massif

Table 7

| Морфотип | Критерий согласия Пирсона | | |
|----------|---------------------------|--------------------------|------------------------|
| | Количество интервалов | $\chi^2_{\text{расчет}}$ | $\chi^2_{\text{крит}}$ |
| I | 6 | 6.93 | 7.81 |
| II | 7 | 2.67 | 9.49 |
| III | 7 | 4.28 | 9.49 |

Примечание. $\chi^2_{\text{расчет}}$ — расчетный критерий Пирсона; $\chi^2_{\text{крит}}$ — табличное значение критерия Пирсона

Таблица 8
Проверка гипотезы о мономодальности распределения ZrO_2/HfO_2 -соотношений в цирконах Кожимского массива

Testing of the hypothesis about monomodality of the distribution of ZrO_2/HfO_2 relations in zircons of the Kozhim massif

Table 8

| Морфотип | Сумма всех частот | Частоты | | | $t_{\text{расчет}}$ | $t_{\text{крит}}$ |
|----------|-------------------|-----------------|-----------------|---------|---------------------|-------------------|
| | | первый максимум | второй максимум | минимум | | |
| I | 20 | 6 | 5 | 2 | 2.41 | 2.02 |
| III | 20 | 2 | 6 | 1 | 2.09 | 2.02 |

Примечание. $t_{\text{расчет}}$ — расчетный критерий; $t_{\text{крит}}$ (при $q = 0.05$) — табличное значение критерия Стьюдента.

Таблица 9
Проверка гипотезы о равенстве средних значений ZrO_2/HfO_2 -соотношений в цирконах Кожимского массива

Testing of the hypothesis about equality of mean values of ZrO_2/HfO_2 relations in zircons of the Kozhim massif

Table 9

| Морфотип | Среднее значение ZrO_2/HfO_2 | Дисперсия | Сумма всех частот | $t_{\text{расчет}}$ | $t_{\text{крит}}$ |
|----------|--------------------------------|-----------|-------------------|---------------------|-------------------|
| I | 43.90 | 8.94 | 20 | 2.64 | 2.02 |
| III | 46.54 | 11.94 | 20 | — | — |
| III | 46.54 | 11.94 | 20 | 4.29 | 2.02 |
| II | 53.91 | 10.50 | 20 | — | — |

Примечание. $t_{\text{расчет}}$ — расчетный критерий; $t_{\text{крит}} = t(38; 0,05)$ — табличное значение критерия Стьюдента.

ZrO_2 , и HfO_2 для каждого типа рассчитаны ZrO_2/HfO_2 -соотношения (табл. 6) и составлены гистограммы их распределения (рис. 3).

Проведенная проверка согласованности распределения эмпирических данных с нормальным законом с помощью критерия согласия Пирсона (табл. 7) позволяет сделать вывод о нормальном распределении исходных данных, т. к. для каждого морфотипа выполняется неравенство $\chi^2_{\text{расчет}} < \chi^2_{\text{крит}}$.

По результатам выполненного анализа раньше других сформировался циркон II типа, для которого соответствующая гистограмма имеет мономодальный характер: ZrO_2/HfO_2 -соотношения приходятся на интервал 46–60 с пиком на 54–56 (рис. 3, б). Позднее выделился III тип, на гистограмме которого отмечается два пика: на 40–42 и 46–48 при граничных величинах ZrO_2/HfO_2 -содержания от 38 до 52. На завершающем этапе формирования породы кристаллизовался циркон I морфотипа (наименьшая средняя величина ZrO_2/HfO_2 -соотношений — 43.90), график которого имеет бимодальный характер (интервал 38–50 с пиками на 40–42 и 46–48).

Проверим бимодальность гистограмм для I и III морфотипов (табл. 8). Предположим, что данные гистограммы все же имеют мономодальное распределение величин ZrO_2/HfO_2 -содержания.

Согласно методу Голдина, величины ZrO_2/HfO_2 -соотношений для I и III типов имеют бимодальное распределение ($t_{\text{расчет}} > t_{\text{крит}}$), что может указывать на неоднородность среды минералообразования при кристаллизации акцессорного циркона или на полихронность процессов при формировании гранитов Кожимского массива.

При рассмотрении распределений величин цирконий-гафниевого отношения можно отметить подобие I и III морфотипов по диапазону распределения ZrO_2/HfO_2 -отношений и отмечаемым пикам. Хотя средние величины ZrO_2/HfO_2 отличаются (43.90 — для I; 46.54 — для III), все же необходимо проверить гипотезу о равенстве средних значений (табл. 9).

Результаты такой проверки не подтверждают гипотезу о равенстве средних, что позволяет говорить о наличии трех морфологических типов среди акцессорного циркона в гранитах Кожимского массива.



Николайшорский гранитоидный массив приурочен к Няртинскому блоку, сложенному гнейсами, кристаллическими сланцами и амфиболитами раннепротерозойского возраста. Массив образует вытянутое в северо-северо-западном направлении тело длиной 4 км при средней ширине 1.5 км. К составу Николайшорского массива можно также отнести гранитоидное тело, расположенное южнее. Более мелкие гранитные тела локализуются в основном на периферии Няртинского блока.

Среди акцессорных цирконов Николайшорского массива отмечаются четыре морфологических типа, в числе которых зерна окатанного циркона (V морфотип). Данный морфологический тип относится к реликтовому и при изучении особенностей цирконий-гафниевых отношений для акцессорного циркона из гранитоидов Николайшорского массива рассматриваться не будет.

На основе имеющихся данных по средним величинам ZrO_2/HfO_2 -отношения можно определить последовательность кристаллизации акцессорных цирконов синпетроенной группы Николайшорского

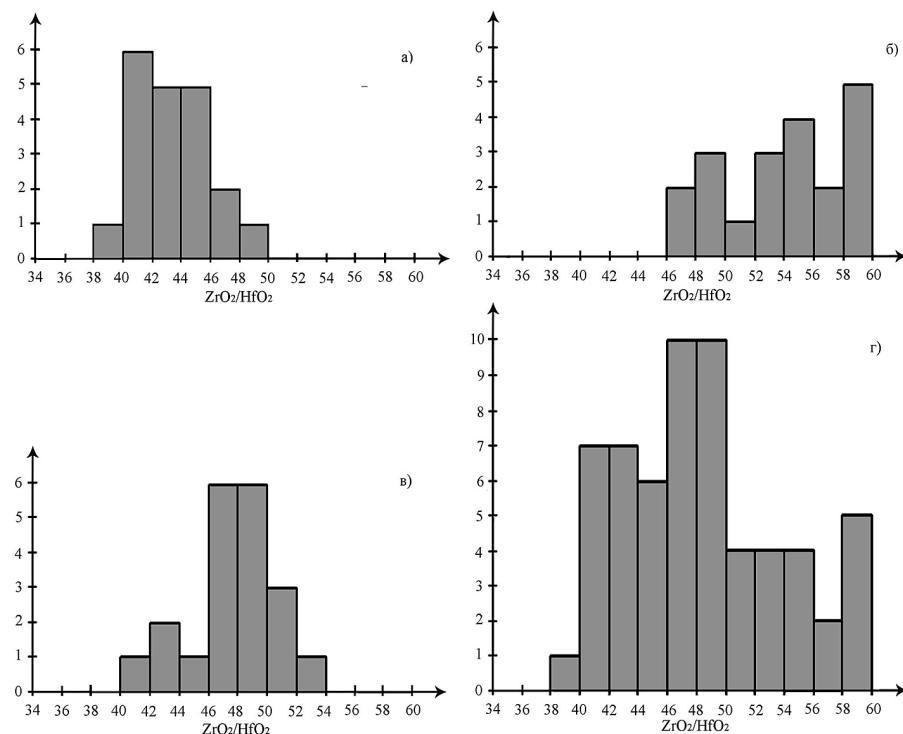


Рис. 4. Частота встречаемости ZrO_2/HfO_2 -соотношений в цирконах Николайшорского массива: а) I морфотип; б) II морфотип; в) III морфотип; г) суммарное распределение частоты встречаемости

Fig. 4. The incidence of ZrO_2/HfO_2 -relations in zircons of the Nikolaihsor massif: (a) I morphotype; b) morphotype II; c) morphotype III; d) morphotype IV; f) the cumulative distribution of the incidence

Содержания ZrO_2 , HfO_2 и их отношение в цирконах Николайшорского массива

Contents of ZrO_2 , HfO_2 and their relations in zircons of the Nikolaihsor massif

| № анализа | Морфологический тип | | | | | | | | |
|--------------|---------------------|---------|---------------|---------|---------|---------------|---------|---------|---------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | ZrO_2 | HfO_2 | ZrO_2/HfO_2 | ZrO_2 | HfO_2 | ZrO_2/HfO_2 | ZrO_2 | HfO_2 | ZrO_2/HfO_2 |
| 1 | 65.06 | 1.42 | 45.82 | 63.75 | 1.22 | 52.25 | 64.16 | 1.22 | 52.59 |
| 2 | 65.11 | 1.55 | 42.01 | 64.78 | 1.26 | 51.41 | 63.46 | 1.37 | 46.16 |
| 3 | 65.11 | 1.40 | 46.51 | 64.01 | 1.32 | 48.49 | 63.36 | 1.55 | 40.88 |
| 4 | 64.55 | 1.52 | 42.47 | 64.72 | 1.10 | 59.03 | 64.78 | 1.37 | 47.28 |
| 5 | 65.44 | 1.56 | 41.95 | 64.23 | 1.08 | 59.41 | 63.29 | 1.30 | 48.68 |
| 6 | 64.50 | 1.47 | 43.88 | 64.88 | 1.09 | 59.53 | 64.17 | 1.35 | 47.53 |
| 7 | 65.99 | 1.45 | 45.51 | 63.45 | 1.16 | 54.71 | 64.06 | 1.45 | 44.08 |
| 8 | 64.89 | 1.54 | 42.14 | 64.98 | 1.10 | 59.30 | 64.32 | 1.36 | 47.29 |
| 9 | 65.12 | 1.55 | 41.91 | 65.89 | 1.21 | 54.45 | 64.61 | 1.31 | 49.32 |
| 10 | 64.88 | 1.38 | 47.15 | 64.12 | 1.33 | 48.21 | 64.54 | 1.51 | 42.74 |
| 11 | 64.25 | 1.33 | 48.31 | 64.15 | 1.35 | 47.52 | 63.78 | 1.27 | 50.22 |
| 12 | 64.89 | 1.58 | 41.07 | 64.65 | 1.30 | 49.73 | 64.36 | 1.31 | 49.13 |
| 13 | 65.12 | 1.44 | 45.22 | 64.55 | 1.22 | 52.91 | 64.02 | 1.52 | 42.12 |
| 14 | 64.44 | 1.48 | 43.54 | 64.88 | 1.36 | 47.71 | 63.55 | 1.28 | 49.65 |
| 15 | 64.12 | 1.45 | 44.22 | 63.48 | 1.11 | 57.19 | 64.22 | 1.32 | 48.65 |
| 16 | 65.12 | 1.57 | 41.48 | 65.55 | 1.26 | 52.13 | 64.99 | 1.41 | 46.11 |
| 17 | 63.45 | 1.56 | 40.67 | 64.89 | 1.12 | 58.15 | 64.58 | 1.31 | 49.33 |
| 18 | 64.51 | 1.45 | 44.49 | 65.02 | 1.18 | 55.02 | 64.25 | 1.26 | 51.12 |
| 19 | 65.11 | 1.62 | 40.19 | 64.89 | 1.20 | 54.16 | 64.59 | 1.38 | 46.77 |
| 20 | 64.52 | 1.67 | 38.59 | 63.88 | 1.14 | 56.11 | 62.59 | 1.26 | 49.56 |
| Cp. | - | - | 43.36 | - | - | 53.87 | - | - | 47.46 |
| σ | - | - | 2.47 | - | - | 4.03 | - | - | 2.99 |
| V, % | - | - | 5.70 | - | - | 7.48 | - | - | 6.30 |

Примечание. Место отбора пробы: правый берег ручья Янто-Шор в 200 м выше устья (полосчатый серый биотит-мусковитовый гранит). Микрозондовый анализ выполнен в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН (Vega3 Tescan, аналитик С. С. Шевчук)

Таблица 10

Table 10



**Проверка гипотезы о нормальном распределении
 ZrO_2/HfO_2 -отношений в цирконах Николайшорского массива**

Table 11

**Testing of the hypothesis about the normal distribution
of ZrO_2/HfO_2 relations in zircons of the Nikolaihsor massif**

| Морфотип | Критерий согласия Пирсона | | |
|----------|---------------------------|-----------------|---------------|
| | Количество интервалов | χ^2 расчет | χ^2 крит |
| I | 6 | 1.67 | 7.81 |
| II | 7 | 7.42 | 9.49 |
| III | 7 | 2.65 | 9.49 |

Примечание. χ^2 расчет — расчетный критерий Пирсона; χ^2 крит — табличное значение критерия Пирсона.

**Проверка гипотезы о мономодальности распределении
 ZrO_2/HfO_2 -соотношений в цирконах Николайшорского массива**

Table 12

**Testing of the hypothesis about monomodality the distribution
of ZrO_2/HfO_2 relations in zircons of the Nikolaihsor massif**

| Морфотип | Сумма всех частот | Частоты | | | $t_{\text{расчет}}$ | $t_{\text{крит}}$ |
|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|---------|---------------------|-------------------|
| | | первый максимум | второй максимум | минимум | | |
| II (1 и 2 пика) | 15 | 3 | 4 | 1 | 1.84 | 1.96 |
| II (2 и 3 пика) | 15 | 4 | 5 | 1 | 2.77 | 1.96 |
| III | 20 | 2 | 6 | 1 | 1.90 | 1.96 |

Примечание. $t_{\text{расчет}}$ — расчетный критерий; $t_{\text{крит}}$ (при $q = 0.05$) — табличное значение критерия Стьюдента.

массива: 1) II морфотип (53.87); 2) III морфотип (47.46); 3) I морфотип (43.36) (табл. 10).

Рассматривая графики распределения величин цирконий-гафниевого отношения, видим, что гистограмма для цирконов I типа имеет мономодальный характер: один пик (40–42) на интервал 34–50 (рис. 4, а). Гистограммы для цирконов II и III типов имеют полимодальный характер. На графике для светлых короткопризматических цирконов отмечаются три пика (48–50), (54–56) и (58–60) на интервале от 46 до 60 (рис. 4, б). Величины ZrO_2/HfO_2 -соотношений для длиннопризматических цирконов лежат в диапазоне от 40 до 54, в пределах которого выделяются два максимума (42–44) и (46–50) (рис. 4, в).

Проверим правомерность сделанных предположений, используя некоторые статистические методы.

На основе критерия согласия Пирсона (табл. 11) можно утверждать о нормальности распределения рассмотренных эмпирических данных, что позволяет применить метод Гольдина.

Согласно критерию Стьюдента, для II морфотипа нулевая гипотеза о мономодальности распределения не подтвердилась ($t_{\text{расчет}} > t_{\text{крит}}$) (табл. 12). Выявленная полигенность распределения величин цирконий-

гафниевого отношения для раннего циркона может указывать на неравномерное накопление гафния при выделении циркона или на полихронность процессов на самых ранних этапах формирования гранитов Николайшорского массива.

Выводы

Согласно критерию согласия Пирсона, все рассмотренные выборки имеют нормальный характер, что дало возможность применить различные статистические методы для выявления особенностей распределения величин ZrO_2/HfO_2 -отношений в акцессорном цирконе из гранитов Приполярного Урала.

Проведенные исследования показали, что четкой зависимости между принадлежностью гранита к определенному массиву и величиной ZrO_2/HfO_2 -отношений в акцессорном цирконе не отмечается. В то же время средние значения этой величины позволили определить одинаковую последовательность кристаллизации выделенных морфологических типов для всех рассмотренных гранитных массивов Приполярного Урала: морфотип II → морфотип III (в случае Бадьяуского массива — IV + III) → морфотип I.

Согласно гистограммам распределения величины ZrO_2/HfO_2 -

отношений, условия формирования Бадьяуского и Яротского массивов подобны: кристаллизация акцессорного минерала происходила в тектонически спокойной обстановке, на что указывает мономодальный характер исследованных графиков. Цирконообразующий процесс в Кожимском гранитном массиве протекал в более сложных условиях, что проявляется в бимодальности гистограмм для морфотипов, которые выделились на среднем и завершающем этапах образования гранитов. В случае циркона второго типа, вероятно, это влияние процессов ремобилизации. История кристаллизации акцессорного циркона Николайшорского массива самая сложная. Полимодальность гистограммы распределения ZrO_2/HfO_2 -отношений для раннего типа циркона может указывать на полихронность процессов гранитообразования. Широкий пик, присутствующий на гистограмме распределения величины ZrO_2/HfO_2 -отношений для позднего типа циркона, вероятнее всего указывает не на относительную гомогенность минералообразующей среды, а на наложение нескольких близкостоящих пиков, что позволяет говорить о неоднократном проявлении наложенных процессов.

Литература

- Багдасаров Э. А. Индикаторное значение цирконий-гафниевого отношения цирконов // Типоморфизм, синтез и использование циркона. Киев, 1989. С. 59–64.
- Денисова Ю. В. Типоморфические и типохимические особенности акцессорных цирконов гранитоидов Приполярного Урала // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2014. № 5. С. 9–16.
- Денисова Ю. В. Особенности акцессорных минералов гранитных массивов Приполярного Урала // Геология Европейского Севера России. Сыктывкар, 2009. Сб. 7. С. 62–72. (Труды Института геологии Коми научного центра УрО РАН, вып. 125).
- Золотарева Г. С. Ненахов В. М. Акцессорные минералы и типоморфизм цирконов гранитов Даховского кристаллического массива (Западный Урал) // Вестник Воронежского университета. Сер. Геология. 2006. № 1. С. 39–44.
- Ляхович В. В. «Цирконовый метод»: достоинства и недостатки. Статья II // Вестник Воронежского университета. Сер. Геология. 2000. Вып. 9. С. 124–127.



- 6.** Овчинников Л. Н., Коган Р. Н. О применении методов математической статистики в абсолютной геохронологии // Статистические методы геологических исследований. 1971. Вып. 2. С. 90.
- 7.** Фишман М. В., Юшкун Н. П., Голдин Б. А., Калинин Е. П. Минералогия, типоморфизм и генезис акцессорных минералов изверженных пород севера Урала и Тимана. М.; Л.: Наука, 1968. 252 с.

References

- 1.** Bagdasarov E. A. Indikatornoe znachenie tsirkonii-gafnievogo otnosheniya tsirkonov (Indicative Value of Zircon-Hafnium Relation of Zircons). Tipomorfizm, sintez i ispolzovanie tsirkona (Typomorphism, Synthesis and Use of Zircon). Kiev, 1989. pp. 59–64.
- 2.** Denisova Yu. V. Tipomorficheskie i tipohimicheskie osobennosti aktsessornyh tsirkonov granitoidov Pripolyarnogo Urala (Typomorphic and Typochemical Features of Accessory Zircons of Granites of Subpolar Urals). Vestnik of Institute of Geology Komi SC UB RAS. Syktyvkar, 2014, No 5, pp. 9–16.
- 3.** Denisova Yu. V. Osobennosti aktsessornyh mineralov granitnyh massivov Pripolyarnogo Urala (Features of Accessory Minerals of Granite Massives of Subpolar Urals). Geologiya evropeiskogo severa Rossii (Geology of European North of Russia). Syktyvkar, 2009, 7, pp. 62–72.
- 4.** Zolotareva G. S. Nenahov V. M. Aktsessornye mineraly i tipomorfizm tsirkonov granitov Dahovskogo kristallicheskogo massiva (Zapadnyi Ural) (Accessory Minerals and Typomorphism of Zircons of Granitoids of Dakhovsky Crystalline Massif). Vestnik Voronezhskogo universiteta. Seriya geologiya. 2006, No 1, pp. 39–44.
- 5.** Lyakhovich V. V. Tsirkonovy metod: dostoinstva i nedostatki. Statya II. (Zircon Method: Advantages and Disadvantages. Second article). Vestnik Voronezhskogo universiteta. Seriya geologiya. 2000, 9, pp. 124–127.
- 6.** Ovchinnikov L. N., Kogan R. N. O primenenii metodov matematicheskoi statistiki v absolyutnoi geohronologii (Application of Mathematical Statistics Methods in Absolute Geochronology). Statisticheskie metody geologicheskikh issledovanii (Statistical methods of geological studies). 1971, 2, pp. 90.
- 7.** Fishman M. V., Yushkin N. P., Goldin B. A., Kalinin E. P. Mineralogija, tipomorfizm i genezis aktsessornyh mineralov izverzhennyh porod severa Urala i Timana (Mineralogy, Typomorphism and Genesis of Accessory Minerals of Igneous Rocks of Northern Urals and Timan). Moscow-Leningrad: Nauka, 1968, 252 pp.

Рецензент
д. г.-м. н. О. К. Иванов



SORBENTS BASED ON MINERAL AND INDUSTRIAL MATERIALS FOR RADIOACTIVE WASTES IMMOBILIZATION



O. B. Kotova¹, I. L. Shabalin², D. A. Shushkov¹, A. V. Pinaryadov¹

¹IG Komi SC of UB of RAS, Russia; kotova@geo.komisc.ru

²The University of Salford, United Kingdom; i.shabalin@salford.ac.uk

Nuclear engineering development inevitably results in risks of radiation instability in regions. The creation of scientific basis of radiation safety of population and environment is the vital task, which requires search and study of sorbents that are able to deactivate radioactive sources. Sorption materials, based on mineral and technogenic raw, on the example of analcime-bearing rocks and red mud, have been observed within this task. The complex of modern study methods was used, physical and chemical features of the specified sorbents are presented, immobilization and disposal technologies of radioactive wastes are discussed.

Key-words: zeolites, red mud, radionuclides, sorption, radioactive wastes, immobilization, disposal.

СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ МИНЕРАЛЬНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

О. Б. Котова¹, И. Л. Шабалин², Д. А. Шушков¹, А. В. Понарядов¹

¹ИГ Коми НЦ УрО РАН, Россия; kotova@geo.komisc.ru

²Университет Солфорда, Великобритания; i.shabalin@salford.ac.uk

Развитие ядерной энергетики неизбежно создает риски радиационной нестабильности в регионах. Создание научных основ обеспечения радиационной безопасности населения и окружающей среды является актуальной задачей, для успешного решения которой необходим поиск и изучение сорбентов, способных дезактивировать радиоактивные источники. В рамках этих задач рассматриваются сорбционные материалы на основе минерального и техногенного сырья на примере анальцимсодержащих городов и красного шлама. Использован комплекс современных исследовательских методов, представлены данные физико-химических свойств указанных сорбентов, обсуждаются технологии консервирования и утилизации радиоактивных отходов.

Ключевые слова: цеолиты, красный шлам, радионуклиды, сорбция, радиоактивные отходы, консервирование, утилизация.

Introduction

The safety of nuclear wastes is an urgent task for the sustainable development of the regions. Mineral and industrial raw materials are widely used to solve the problems of radiological protection of people and environment. The main strategy of development in this direction is to expand the range of effective sorption materials for advanced radiological safety (from the radioactive waste immobilization to sorption of radionuclides in air, water and soil) and study structures, properties, and immobilization mechanisms (transformation, disposal) of radiation-polluted objects. The research and development of methods for the radioactive waste disposal and modification of the properties of raw materials (sorption and ion exchange) have a vital importance.

Objects and methods

The sorbents are based on mineral raw materials (analcime-bearing rocks) and industrial materials (red mud) with the Russian origin.

The following advanced research methods were used: X-ray fluorescent analysis (Horiba MESA-500W); thermal analysis (derivatograph Shimadzu DTG-60A/60AH); X-ray diffractometry (Shimadzu XRD-6000). Uranium, thorium and radium content were determined by luminescent, emanation and photocolorimetric methods, respectively. The desorption was evaluated by the content of radionuclides in extracts made by consequent processing of the sorbent with distilled water, 1M ammonium acetate ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) and 1M hydrochloric acid (HCl).

Results and discussion

The sorption methods of radionuclide immobilization are used to remove ion forms by organic, non-organic or bio-sorbents. Non-organic sorbents include natural and synthetic aluminosilicates, e. g. zeolites. The sorption is carried out due to the exchange of moving cations (Na^+ , K^+ and others) in sorbents to some solution cations. By their crystalline structure aluminosilicates are divided into framed (zeolites) and layered (clay minerals). The advantages of natural zeolites in comparison with synthetic sorbents include their low costs and sufficient sorption features, as well as their abundance. Besides it the zeolites show sorption ability even at low substance concentrations.

Clinoptilolite is widely used to immobilize radioactive pollutions; it is one



of the most common zeolites in the world with industrial accumulations with contents more than 60 %. Clinoptilolite (or clinoptilolite tuff) is characterized by a high selectivity to radionuclides especially to cesium and strontium; it also possesses such service features as chemical, thermal and radiation resistances jointly with high mechanical strength.

The alternative to clinoptilolite-based sorbents can be **analcime-bearing rocks** (Fig. 1 A), which are very common in the Komi Republic. It should be noted that analcime is related to narrow-porous zeolites with pore size 0.26 and 0.16 ± 0.42 nm. The porosity of clinoptilolite, which is a medium-porous zeolite, is determined by two types of channels with pore sizes 0.40 ± 0.55 and 0.44 ± 0.72 nm. Though they are related to poor raw by zeolite contents (from 1 to 30 %), but the association of zeolites with clay minerals with content from 50 to 70 % and with an adsorption activity allow considering these rocks as a sorption raw with combined composition. Therefore it is very important to study sorption and desorption of radioactive elements by the zeolite rocks, which are originally from the Komi Republic, Russia.

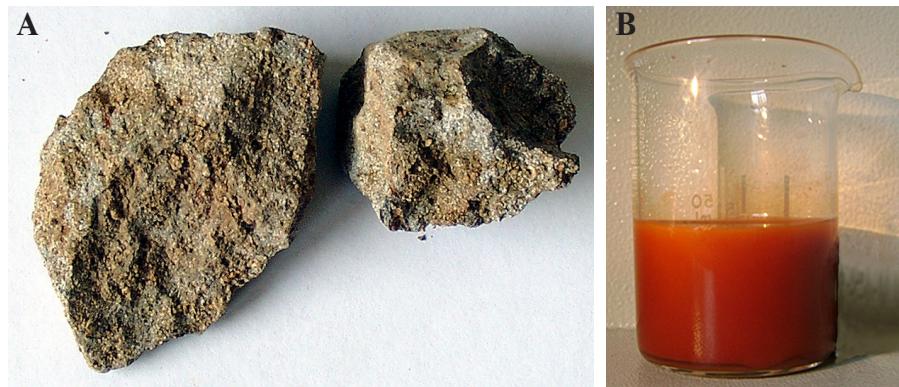


Fig. 1. Analcime-bearing rocks (A) and red mud (B)

The mineral composition of analcime-bearing rocks was studied, and their physical and chemical properties as well as the methods of modification were revealed [1]. The results of radionuclide sorption tests revealed that analcime-bearing rocks have high adsorption features to all the studied radionuclides: the removal efficiency of thorium was 100 %, radium — from 99.2 to 99.8 %, uranium — from 98.5 to 99.7 %. Analcime effectively removes only thorium (the removal efficiency was 98 %), while radium and uranium removal efficiency were much less — 64.2 and 55.4 % respectively.

The experiments on the desorption of radionuclides showed that thorium was retained most strongly by analcime-

bearing rocks, insignificant extraction of thorium to solution by distilled water (1.0—2.7 %) and ammonium acetate processing (0—0.7 %) were observed. Only in acid medium a significant thorium extraction was determined from 38.0 to 68.0 %. Analcime retains thorium less strongly during distilled water and ammonium acetate processing: 6.1 and 20.4 % of radionuclide was extracted respectively. Acid processing led to the desorption of 48.3 % of radionuclide.

Among the studied radioactive elements radium is mostly tending to ion exchange; that results in its significant extraction to solutions from analcime-bearing rocks (41.4—49.2 %) and from analcime (more than 60 %) by processing. Water processing of analcime-bearing rocks and analcime results in desorption of less 1.0 and 3.6 % of radium, respectively, however acid processing also contributes to the radionuclide extraction, though it is less than that in the case of ammonium acetate.

Analcime retains uranium rather strongly: 2.3 % were desorbed by distilled water processing and 12.1% — by ammonium acetate and acid processing. Analcime-bearing rocks also retain ura-

als are well separated by magnetic and gravitation methods. It was determined that hematite was concentrated in smaller fractions. The specific surface area of red mud is $23\text{--}25 \text{ m}^2/\text{g}$, density — $3.3\text{--}3.4 \text{ g/cm}^3$. It was found that the maximum sorption capacity of red mud on strontium is $420\pm 24 \text{ mg-eq}/100 \text{ g}$ [4, 5]. Due to these physical and chemical features red mud should be an effective sorption material to be used in the technologies of radioactive waste immobilization. The use of various flocculants and coagulants considerably increases sorption characteristic of particle surface.

Thus, the results of radionuclides sorption showed that analcime-bearing rocks demonstrated high removal efficiency of thorium, uranium and radium (with 100 % thorium absorption rate), while analcime was efficient in removing of thorium only; radium and uranium removal efficiency was 64.2 and 55.4 %, respectively. According to the results of radionuclides extraction, thorium was retained most strongly, its insignificant extraction to solution by distilled water and ammonium acetate processing was observed. Analcime retained uranium quite strongly, while analcime-bearing rocks retained it strongly only during distilled water processing. The high radium extraction (about 50 % from analcime-bearing rocks and more than 60 % from analcime) was probably caused by its inclination to ion exchange. Due to these physical and chemical features red mud should be an effective sorption material to be used in technologies of radioactive waste immobilization.

Another problem is the disposal (immobilization) of radioactive wastes. A variety of technologies are being developed to solve it. Many works have been devoted to the placement of radioactive wastes in the geological formations taking into account that the potential danger exists for hundreds thousand years. The demand of reliable protective technologies against pollution of environment by natural and industrial radioactive wastes remains a vital problem.

Methods of transition of radionuclides to lower degrees of oxidation under reducing conditions in bentonite porous waters are developed [5]. Such radionuclide compositions are low-soluble, have limited mobility and can be used for migration barriers.

The latest works in the area of natural materials application (arenaceous-argillaceous rocks) showed the influence of iron films, formed on the quartz

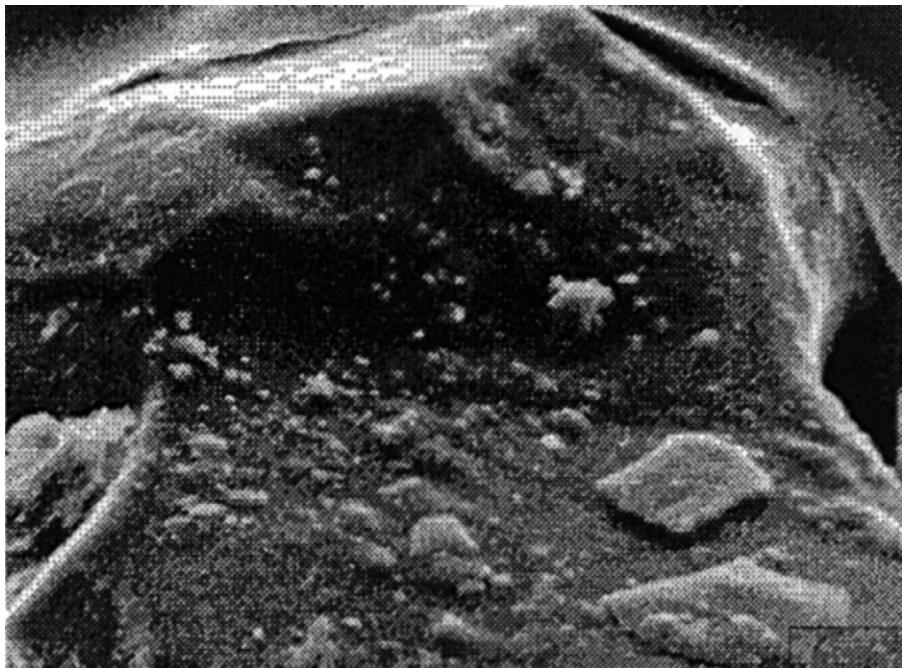


Fig. 2. Iron films formed on the quartz grains

grains (and other minerals), on sorption process as antimigration barriers [7, 8]. The images of surface of fine particles of quartz sands from weathering crusts of Sub-Polar Urals (Fig. 2), made by scanning electron microscope (JSM 6400), revealed that quartz grains have strongly pitted surface covered by a film of particles, which size are several orders less, but mineralogically have the same composition. The chemical analysis showed the presence of large amounts of iron oxides.

Vitrification is a mature technology and has been used for high level radioactive waste immobilization for more than 40 years in France, Germany and Belgium, Russia, UK, India, Japan, and the United States; it includes melting of wastes with addition of glass bits of different composition (e. g. wastes at macro- and microlevels). The advantages of vitrification are connected with pos-

sibility of application of this process for a large number of radioactive elements, high resistance to corrosion and relatively small volume of final product [9]. Nevertheless, active research and development of new methods of immobilization, including glasses, ceramics and studies of their properties, are being performed.

The work was done under financial support of UB RAS programs (project 15-11-5-33).

References

1. Shushkov D. A., Shuktomova I. I. Sorbtsiya radioaktivnykh elementov tseolitsoderzhashchimi porodami // Izvestiya Komi nauchnogo tsentra Uralskogo otdeleniya RAN, 2013. N 1. P. 69–73.
2. Shushkov D., Kotova O., Shuktomova I. Removal of radionuclides by analcime-bearing rocks // Materials Science and Engineering. 2013. V. 47. (doi:10.1088/1757-899X/47/1/012041).
3. Gazaleeva G. I., Orlov S. L., Sopina N. A., Mushketov A. A., Anashkin V. S., Vishnyakov C. E., Klimentenok G. N., Petrov S. I., Kotova O. B. Vliyanie veshchestvennogo sostava krasnykh shlamov na tekhnologicheskie pokazateli ikh obogashcheniya // Materialy dokladov Chetvertogo Mezhdunarodnogo kongressa v sostave XVII Mezhdunarodnoy konferentsii «Alyuminiy Sibiri», «VI konferentsii «Metallurgiya tsvetnyih i redkih metallov», VIII Simpoziuma «Zoloto Sibiri». Krasnoyarsk, 2012. P. 267–271.
4. Ryzhov B. I., Bogatyreva B. A., Myskin V. I., Shikina N. D., Kartasheva L. D. Krasnye shlamy — novyi sorbent na strontsiy. DAN, T. 347. N 4. P. 512–514.
5. Kravtsov E. E., Nozdrina E. A., Suyunchalieva A. K. Ispolzovanie otkhodov i poluproduktov organicheskogo i mineralnogo proiskhozhdeniya dlya ochistki stokov // Tez. dokl. nauchno-tehnich. konf. MGTU. M.: Izd. MGTU, 2000. P. 18–19.
6. Sabodina M. N., Kalmykov S. N., Artemieva K. A., Zaharova E. V., Sapozhnikov Yu. A. Povedenie Cs, Np(V), Pu(IV), U(VI) v porovykh vodakh bentonita // Radiokhimiya, 2006, T. 48. № 5. C. 437–441.
7. Kotova O. B. Poverhnostnye protsessy v tonkodispersnykh mineralnykh sistemakh. Yekaterinburg: UrO RAN. 2004.
8. Sabodina M. N., Zaharova E. V., Kalmykov S. N., Poholok K. V., Menyailo A. A. Sorbtsiya $^{237}\text{Np(V)}$, $^{238}\text{U(VI)}$ i ^{37}Cs na glinistykh poropdakh — rol poverhnostnykh plenok soedineniy Fe(III) // Radiokhimiya, 2008. T. 50. № 1. C. 81–86.
9. Ojovan M. I., Lee W. E. Glassy waste forms for nuclear waste immobilization // Metallurgical and Materials Transactions A. Physical Metallurgy and Materials Science. Vol. 42A. P. 837–851.

Reviewer

PhD I. I. Shuktomova



УДК 550.4

МАРГАНЕЦ В СТЕКЛОВАТЫХ БАЗАЛЬТОИДАХ УРАЛА (краткое сообщение)



Я. Э. Юдович, М. П. Кетрис

Институт геологии Коми научного центра УрО РАН

yudovich@geo.komisc.ru

С использованием прежней методики обработаны аналитические данные по геохимии марганца, приведенные во втором издании книги В. Г. Кориневского «Эффузивы Урала» (2014), не попавшие в монографию «Геохимия марганца» (2014). Актуальность темы обусловлена тем, что после распада СССР Россия лишилась гигантских месторождений марганцевых руд на Украине и в Грузии. Показано, что геохимия марганца в нормальных и щелочных стекловатых базальтоидах существенно различается.

Ключевые слова: геохимия марганца, стекловатые базальтоиды, калиевые базальтоиды (чанчариты).

MANGANESE IN GLASSY BASALTOIDS OF THE URALS

Ya. E. Yudovich, M. P. Ketris

Institute of Geology of Komi SC UB RAS, Syktyvkar

Analytical data on Mn geochemistry from the second edition of V. G. Korinevsky's «Effusivy Urala» (Ural Effusives) (2014), not listed in the monography «Geokhimiya margantsa» (Manganese Geochemistry) (2014), have been processed. Due to importance to study manganese geochemistry (after the USSR breakup Russia lost giant manganese deposits in the Ukraine and Georgia), the processing was carried out by the same methods as in the specified monography «Geokhimiya margantsa» (Manganese Geochemistry). It was shown that manganese geochemistry in normal and in alkaline vitreous basalts was considerably different.

Keywords: geochemistry of Mn, glassy basalts, K-basalts (chancharites).

Новая книга В. Г. Кориневского

В 2014 г. известный миасский петрограф В. Г. Кориневский выпустил вторым изданием прекрасно иллюстрированную книгу «Эффузивы Урала», ранее публиковавшуюся им в 1987 г. По словам автора, во втором издании, по сравнению с первым, им учтено «и то немногое, что появилось позже в литературе», а также даны рекомендации по картированию подушечных лав и характеристика нового типа калиевых базальтоидов — чанчаритов [1, с. 4]. В этом же году вышла и наша «Геохимия марганца» [2], в которую, к сожалению, эти материалы не попали. В данной заметке, используя приведенные В. Г. Кориневским анализы стекловатых базальтоидов, включая чанчариты, мы делаем попытку восполнить этот небольшой пробел в геохимии Mn.

Марганец в петрогенетическом ряду

В книге В. Г. Кориневского приведено 6 анализов стекловатых эффузивов Среднего Урала: гиалоба-

зальтов, гиаландезитов и гиалориолитов — каждой породы по 2 анализа, из которых один — порода, а другой — стекло [1, с. 161]. Хотя Mn определен только 5 анализами, видно, что он сильно коррелирует с Ti, Al, Fe, Mg, Ca и находится в антагонизме с Si и щелочами (соответственно, и с показателем агпакитности НКМ и показателем натровости ЩМ). Марганцевый модуль в соответствии с кларковыми закономерностями растет от базальтов (0.022) к андезитам (0.025) и риолитам (0.046). В стеклах андезитов и риолитов он несколько ниже, чем в породах.

Марганец в базальтовых стеклах мугоджарской толщи

По 11 анализам базальтовых вулканических стекол среднедевонской мугоджарской толщи из Западной зеленокаменной зоны Мугоджар, материал в среднем аттестуется как псевдогидролизат ($\text{GM} = 0.55$, $\text{MgO} = 3.02\%$), гипержелезистый ($\text{ЖМ} = 0.90$), гипертитанистый ($\text{TM} = 0.138$) и супернатровый ($\text{ЩМ} = 2.83$) [1, с. 150]. При средних

содержаниях MnO и $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ 0.25 и 13.10 % средняя величина марганцевого модуля (ММ) околокларковая [2] и составляет 0.019. При этом марганец позитивно коррелирует с железом ($r = 0.79 > r_{0.01} = 0.74$), а марганцевый модуль находится в антагонизме с кальцием, т. е. с аортитовым миналом плагиоклаза ($r = -0.65 > r_{0.01} = 0.60$).

По 5 микрозондовым анализам вулканических стекол из гиалокластитов мугоджарской толщи (береговые обрывы р. Шулдак) можно сравнить стекла свежие (3 анализа) и измененные (2 анализа) [1, с. 153]. Изменение приводит к резкому уменьшению содержаний CaO ($10-11 \% \Rightarrow 6 \%$), Na_2O ($1.8-2.3 \% \Rightarrow 0.6-0.7 \%$) и приросту K_2O ($0.1-0.2 \% \Rightarrow 0.4-0.5 \%$). При стабильных содержаниях глинозема убывание натрия приводит к падению показателя агпакитности (НКМ): с 0.13—0.17 до 0.08—0.09. На 2—3 % убывает содержание SiO_2 и несколько возрастает содержание MnO ($0.17 \Rightarrow 0.22 \%$). Поскольку содержание железа практически не изменяется, марганцевый модуль растет: $0.014 \Rightarrow 0.020$.



Марганец в чанчаритах

В книге В. Г. Кориневского [1, с. 156] приведено 15 анализов стекловатых калиевых базальтоидов-чанчаритов, содержащих ортоклаз, первичный биотит и высокоглиноzemистый диопсид (фассаит), и самих стекол, относящихся к среднедевонской чанчарской свите в пределах Сакмарской зоны казахстанского Урала. При этом 1 анализ характеризует «трахибазальт» (по составу ничем не отличающийся от чанчаритов) и 1 — его стекло; 2 анализа чанчаритов и остальные 11 анализов — это стекла в чанчаритах. Среди этих 15 один анализ явно аномальный (FeO 12 % против 3—7 %, MgO 6.03 % против 1—4 % и K_2O 5 % против 1—2 %), с пониженным содержанием CaO (1.4 % против 7 %). Очевидно, это стекло измененное. Еще один анализ также, по-видимому, характеризует измененное (альбитизированное?) стекло (CaO 1.7 % и Na_2O 5.77 % против 1—3 %). Стекло «трахибазальта» аномально кислое: SiO_2 64.69 % против 51—52 %. Кроме того, высокожелезистый и один из чанчаритов (суммарное железо около 19 % и много CaO — 6 %).

При средних содержаниях MnO и $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ 0.14 % и 12.64 % средняя величина марганцевого модуля (ММ) нижекларковая и состав-

ляет 0.010. Однако содержания марганца и железа сильно колеблются, что ведет и к резким изменениям марганцевого модуля — от 0.004 до 0.056 (!). Очевидно, что эти резкие колебания отражают какие-то скрытые процессы изменения стекол. Если теперь исключить из общей совокупности указанные 4 аномалии, средний ММ несколько возрастает (0.015), а $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ уменьшается до 8.16 %. Но и в этом случае значимых корреляций MnO не обнаруживается.

Выводы

В базальтовых стеклах среднедевонской мугоджарской толщи распределение Mn вполне отвечает кларковым заономерностям: среднее содержание MnO составляет 0.25 %, Mn позитивно коррелирует с Fe, а марганцевый модуль (средний ММ = 0.019) находится в антагонизме с кальцием, т. е. с анортитовым минералом плагиоклаза. Изменение стекол приводит к возрастанию их показателя агпантности [$\text{HKM} = (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$], к некоторому накоплению MnO и возрастанию величины марганцевого модуля Mn/Fe .

В калиевых афировых базальтоидах-чанчаритах, которые формировались в Сакмарской зоне Южного

Урала на границе с зоной линейной складчатости Западного склона, распределение Mn в стеклах заметно отличается от наблюдаемого в нормальных стекловатых базальтоидах: среднее содержание понижено ($\text{MnO} = 0.014 \%$), обычной корреляции Mn и Fe нет, значение марганцевого модуля в среднем также понижено (ММ = 0.010) при значительных колебаниях (0.004—0.056), указывающих, по-видимому, на сильные миграции Mn в процессах изменения стекол чанчаритов.

Литература

1. Кориневский В. Г. Эффузивы Урала. 2-е изд., доп. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2014. 218 с.
2. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Геохимия марганца (Manganese Geochemistry). Сыктывкар: Геопринт, 2014. 538 с.

References

1. Korinevskiy V. G. Effuzivy Urala (Ural Effusives). Edition 2. Ekaterinburg: RIO UrO RAN, 2014, 218 pp.
2. Yudovich Ya. E., Ketris M. P. Geohimiya margantsa (Manganese Geochemistry). Syktyvkar: Geoprint, 2014, 538 pp.

Рецензент д. г.-м. н.
Э. М. Пинский

**Хроника, события, факты • Chronicle, events, facts**

СЫКТЫВКАРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОГО МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА: МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СЕМИНАР – 2014

В 2014 году состоялось 24 заседания, в рамках которых было представлено 26 научных докладов. Наибольшее число тем было посвящено алмазам, остальные касались золотоносности, природы газогидратов, простых форм кальцита, генезиса гельциркона, карбоната кальция в холелитах и природного дюралюминия. Ряд докладов был посвящен обзору российских и зарубежных со-вещаний.

SYKTYVKAR BRANCH OF THE RUSSIAN MINERALOGICAL SOCIETY: MINERALOGICAL SEMINAR – 2014

24 seminars were held in 2014, where 26 research reports were presented. Most number themes reviewed of the diamonds, other- gold mineralization, natural gas-hydrates, simple forms of calcite, genesis (gel)zircon, calcium carbonate holelites and natural duraluminium and attracted the greatest interests. One report have been reviewed of candidate theses (I.S. Astahova) were presented. Part reports reviewed previous russian and international meetings.

В рамках минералогического семинара состоялись рабочие поездки на российские (Новосибирск, Москва, Санкт-Петербург) и международные (Болгария, ЮАР, Казахстан) совещания, по их итогам сделаны 6 докладов о наиболее важных достижениях. Всё так же актуальным является представление геолого-минералогических объектов регионального и общемирового характера, решение проблем и задач в интерактивном формате, что успешно было сделано Б. А. Мальковым на трех заседаниях. Научно-познавательные доклады остаются неизменными формами передачи знаний от поколения к поколению. А. А. Иевлев представил доклад об образовании Института геологии в Коми филиале АН СССР в 1958 году,

а П. П. Юхтанов сделал экскурс в историю юшкинских минералогических семинаров. Одно из заседаний было посвящено 70-летию со дня рождения доктора геолого-минералогических наук Б. А. Остащенко. Уже нередкими стали доклады от наших иногородних именинных гостей: профессор Ю. Л. Войтеховский (Кольский научный центр) представил геотуристический проект по Хибинам.

По итогам 2014 года наибольшее число научных докладов было сделано д. г.-м. н. В. И. Силаевым (3 доклада). Как и в предыдущие годы, актуальной являлась алмазная тематика, остальные темы касались золотоносности, природы газогидратов, простых форм кальцита, генезиса гельциркона, карбоната кальция в

холелитах и природного дюралюминия. Стоит отметить, что все доклады были очень хорошо представлены и вызвали немалый интерес и дискуссию у слушателей.

В заключение хотелось бы от лица минералогического семинара поздравить И. С. Астахову и О. В. Мартиросян с успешной защищкой кандидатской и докторской диссертаций, В. И. Ракина и Р. И. Шайбекова — с присуждением премии Правительства Республики Коми в области научных исследований. Хотется пожелать им дальнейших успехов и новых научных достижений.

2014 год был годом перемен как в науке, так и жизни каждого ученого, и хотелось бы верить, что 2015 год принесет только лучшее и молодые

Хроника

- 8 февраля – День российской науки
- 9 февраля – 50-летний юбилей Ольги Савватьевны Ветошкиной, научного сотрудника группы изотопной геохимии
- 11 февраля – Февральские чтения
- 12 февраля – 75 лет со дня рождения Геннадия Георгиевича Есева, старшего инженера-электроника группы автоматизации научных исследований
- 13 февраля – Академическая лыжня – 2015
- 24 февраля – годичная сессия Института геологии

Chronicle

- February 8 – Russian Science Day
- February 9 – Olga Savvatyevna Vetoshkina's 50th Anniversary, scientist from Isotope Geochemistry group
- February 11 – February Readings
- February 12 – 75th Gennady Georgievich Esev's birthday, senior electronic engineer from Research Automation group
- February 13 – Academic ski racing – 2015
- February 14 – Annual session of the Institute of Geology



ученые начнут более активно участвовать в работе минералогического семинара Сыктывкарского отделения Российского минералогического общества.

Список научных докладов, представленных в рамках минералогического семинара:

И. С. Астахова. Мелкомасштабная топоминералогия Тимано-Североуральского региона (анализ минерального кадастра): представление диссертации на соискание степени к. г.-м. н.

Ю. В. Глухов, Б. А. Макеев, Д. А. Варламов, С. С. Шевчук, С. И. Исаенко. Хромшпинелиды с цинксодержащими эпигенетическими каймами из девонских конглобрекчиевых горизонтов россыпей проявления Ичетью.

Е. П. Калинин. Природа газогидратов и практическая возможность их использования.

В. П. Лютюев, А. Ю. Бугаева, Ю. И. Рябков, О. С. Головатая. Структура и парамагнитные центры в ультрадисперсных ZrO_2 и $ZrSiO_4$.

Т. П. Майорова, С. К. Кузнецов, К. Г. Курылева. Предпосылки открытия нового типа золоторудных месторождений в ляпинском антиклиниории (восточный склон).

Е. В. Машина. Карбонат кальция в холелитах.

В. И. Ракин. Структурно важные простые формы кальцита.

В. И. Силаев, А. Е. Сухарев, В. А. Петровский. Геология и геологическая история алмазной Бразилии (крайтон Сан-Франциско).

В. И. Силаев, Г. А. Карпов (Институт вулканологии и сейсмологии, Петропавловск-Камчатский), *В. А. Петровский, А. Е. Сухарев.* Природный дюралюминий в тифре ТТИ-50 на Камчатке.

В. И. Силаев, В. А. Петровский, А. Е. Сухарев, В. П. Филоненко, И. В. Смолева. Феномен «якутить».

О. В. Удоратина, В. И. Ракин, М. А. Кобл (Стэнфордский университет, США), *Д. А. Варламов* (ИЭМ РАН, г. Черноголовка) Гидротермально-метасоматический циркон (гельциркон): геохронология рудного процесса (Кулэмшор, Приполярный Урал, Россия).

**Секретарь
минералогического семинара
к. г.-м. н. Р. И. Шайбеков**



АКАДЕМИЧЕСКАЯ ЛЫЖНЯ – 2015

Из года в год Коми научный центр проводит лыжные соревнования среди сотрудников. Численность участников составляет около 100 человек (около 10 % коллектива). В этом году большинство очень сильно прибавили в темпе — среднее время улучшилось более чем на 3 минуты. Команда Коми НЦ, отобранная на этих соревнованиях, хорошо выступила на общероссийской Академиаде в Апатитах.

ACADEMIC SKI RACE – 2015

Every year the Komi Science Center holds ski competitions among the staff. The number of participants is about 100 people. This year the majority of participants put more ginger — they found 3 minutes more. The team of Komi SC, selected at these competitions, successfully participated at All-Russia Academic games in Apatity.

В этом году на «Динамо» зарегистрировалось больше 100 сотрудников Коми научного центра, в итоге «пятерочку» пробежало 94 (примерно столько же, сколько в прошлом году). Теперь участники стартали друг за другом в соответствии с прошлогодними результатами. То есть был четкий стимул догнать кого-то, кто в прошлом году был немного быстрее

тебя, и стараться, чтобы тебя никто не обогнал. За мной, например, бежал мой университетский преподаватель по физике. Этот факт, а также наличие собственных лыж, подготовленных под классический ход Димой Шеболкиным, гнали меня по лыжне. С перепугу я чуть не «выбежал» из 20 минут (в прошлом году было 23 с «копейками»).

Несмотря на такой явный прогресс, моё место в общем зачете осталось примерно таким же, потому что в темпе прибавили все (в среднем больше чем на 3 минуты). Два года назад я писал, что самые лучшие результаты у мужчин были в районе 17–18 минут, в прошлом году ребята бились за секунды около 16 минут. В этом году, чтобы попасть в первую

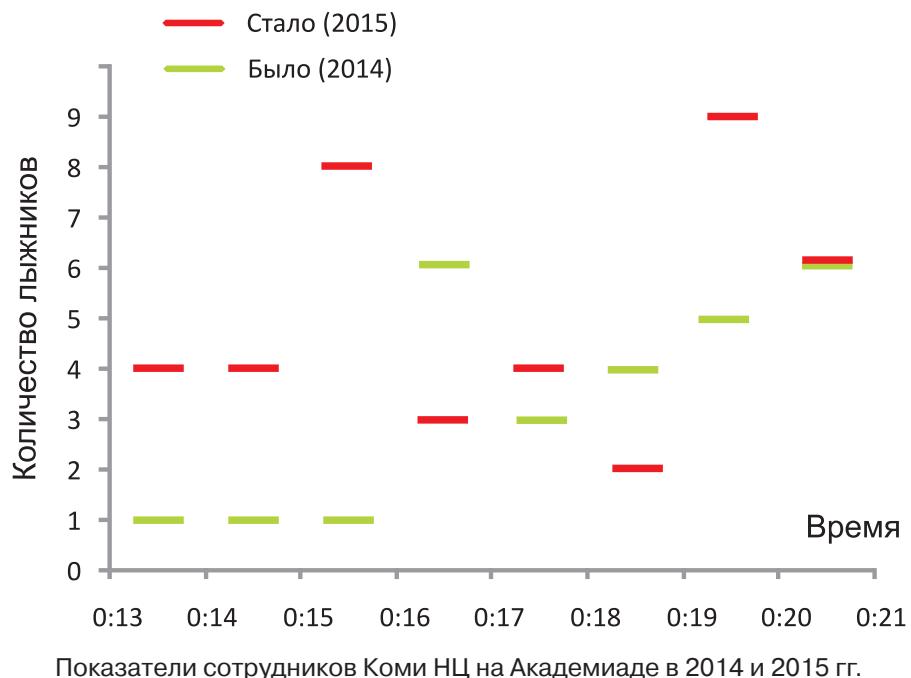


десятку, надо было пробежать не хуже 15, уже тут результаты идут очень плотно.

Почти все мужчины (кроме двоих) пробежали быстрее 30 минут, почти все женщины (тоже кроме двоих) — быстрее 40 минут. Из 20 минут «выбежало» 34 человека (в полтора раза больше, чем в прошлые годы), в том числе 4 женщины. Народ старается, готовится и работает над собой. Гонка из забавного мероприятия превращается в источник спортивного азарта и адреналина. Клёво!

Многолетний лидер наших «корпоративов» — Денис Машин — уступил первое место другому нашему сотруднику, Александру Литвиненко. Есть все основания полагать, что растущая конкуренция в борьбе за первые места позволит «разменять» 13 минут, что не удается сделать уже несколько лет (в этом году лучший результат — 13:02). А наш ветеран, Геннадий Георгиевич Есев, прошел дистанцию за 28:40, несмотря на то что ровно накануне ему исполнилось 75 лет!

По результатам этой гонки лучшие лыжники и лыжницы Коми научного центра отобрались на Академиаду в Апатиты (Мурманская область). В прошлом году всероссийская Академиада проводи-



лась у нас в Сыктывкаре, на РЛК им. Сметаниной. Гости были в восторге от уровня организации и трасс, говорили, что теперь есть совершенный четкий стандарт в проведении таких соревнований. Правда, нашей команде родные стены не помогли, после IV и III общекомандного места на всероссийских соревнованиях в 2012 и 2013 годах дома было лишь VI место из 17 команд.

Но в этом году уровень поднялся, и наша команда на общероссийских соревнованиях заняла IV место из 20 команд, а в эстафете мы были даже вторыми.

Радует то, что Академиада набирает обороты, народ страхивает пыль со спортивного инвентаря и отрывается от дивана, чего и вам, дорогие читатели, желаю.

Г. Каблис





От всей души поздравляем
Геннадия Георгиевича ЕСЕВА
с 75-летием!

Желаем крепкого здоровья, счастья, удачи, благополучия!

От всей души поздравляем
Ольгу Савватьевну ВЕТОШКИНУ с юбилеем!

Желаем крепкого здоровья, хорошего настроения, благополучия и удачи.



Фото П. Безносова

Ответственные за выпуск:
Т. Марченко-Вагапова, Т. Пономарева

Редактор издательства
О. В. Габова

Компьютерная верстка
А. Ю. Перетяткина