



Содержание

Научные статьи

- Новая модель геологического строения южной зоны раннепротерозойского Печенгско-Варзугского зеленокаменного пояса (Кольский полуостров)
П. К. Скуфьин 3
- Глубинная характеристика неркаюского эклогит-сланцевого комплекса Приполярного Урала по гравиметрическим данным
Т. А. Пономарева, А. М. Пыстин, Е. В. Кушманова 9
- Уровни планации в горном рельефе Башкирского Урала на примере Туканской площади
Н. В. Грановская 15

- Находка самородного аутигенного золота на Новобобровском редкометалльно-редкоземельном рудном поле (Четласский камень, Средний Тиман)
Ю. В. Глухов, О. В. Удоратина, В. Н. Филиппов, С. И. Исаенко 22
- Новые данные о U-Pb-возрасте и составе циркона (SHRIMP-II, SIMS) из полиминерального рудопоявления Ичетью (Средний Тиман)
А. Б. Макеев, А. О. Красоткина, С. Г. Скублов 28

Хроника, события, факты

- Современные проблемы комплексной переработки труднообогатимых руд и техногенного сырья (международная конференция «Плаксинские чтения — 2017») 43
- Путь в науку начинается со студенческой скамьи 45
- «Занимательная геология»: новые подходы в музейной коммуникации у школьников в Геологическом музее им. А. А. Чернова 48

- Хранитель фондов геологического музея им. А. А. Чернова (к юбилею А. И. Чумаковой) 50
- Новая миссия академических музеев Дальнего Востока 51
- Хроника 53
- Повесть о настоящем геологе (памяти Л. А. Анищенко) 54
- Минералогия глин в Гранате 55

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

Редакционный совет — 2017:

А. И. Антошкина, Сыктывкар, Россия
М. А. Т. М. Брокманс, Тронхейм, Норвегия
И. Н. Бурцев, Сыктывкар, Россия
Д. А. Бушнев, Сыктывкар, Россия
Ю. Л. Войтеховский, Апатиты, Россия
А. Д. Гвишиани, Москва, Россия
Н. Н. Герасимов, Сыктывкар, Россия
И. В. Козырева, Сыктывкар, Россия
М. Комак, Любляна, Словения
Р. И. Конеев, Ташкент, Узбекистан
В. А. Коротеев, Екатеринбург, Россия

С. В. Кривовичев, Санкт-Петербург, Россия
С. К. Кузнецов, Сыктывкар, Россия
М. Мартинс, Ору-Прету, Бразилия
Т. П. Майорова, Сыктывкар, Россия
Ж. К. Мелгарехо, Барселона, Испания
Ф. Мон, Пекин, Китай
П. Мянник, Таллин, Эстония
А. М. Пыстин, Сыктывкар, Россия
К. М. Соджа, Гамильтон, Нью-Йорк, США
О. В. Удоратина, Сыктывкар, Россия
М. А. Федонкин, Москва, Россия



November, No. 11 (275), 2017

Vestnik



Institute of Geology of Komi Science Center of Ural Branch RAS

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

Content

Scientific articles

A new model of geological structure of the southern zone of Early Proterozoic Pechenga-Varzuga greenstone belt (Kola Peninsula)

P. K. Skuf'in 3

Deep structure characteristics of the nerkayu eclogite-schist rock association in the Subpolar Urals by gravimetric data

T. A. Ponomareva, A. M. Pystin, E. V. Kushmanova 9

Levels of planation in the mountainous terrain of the Bashkir Urals by the example of the Tukan area

N. V. Granovskaya 15

Finding of authigenous native gold in Novobobrovskoe rare-metal and rare-earth deposit (Chetlassky Kamen, Middle Timan)

Yu. V. Glukhov, O. V. Udotatina, V. N. Filippov, S. I. Isaenko 22

New data on U-Pb-age and geochemistry of zircon (SHRIMP-II, SIMS) from Ichetyu occurrence (Middle Timan)

A. B. Makeev, A. O. Krasotkina, S. G. Skublov 28

Chronicle, events, facts

Modern problems of complex processing of rebellious ores and technogenic raw (international conference «Plaksin readings — 2017») 43

Path to science starts from studentship 45

«Recreational geology»: new approaches in museum communication among schoolchildren in the geological museum named after a. A. Chernov 48

Custodian of the geological museum named after A. A. Chernov (celebrating A. I. Chumakova's Jubilee) 50

New mission of academic museums of the Far East 51

Chronicle 53

A tale of a real geologist (remembering L. A. Anishchenko) 54

Clay mineralogy in Granada 55

Chief Editor A. M. Askhabov, **Deputy Chief Editor** O. B. Kotova,

Executive Director T. M. Beznosova, **Technical Editor** G. N. Kablis, **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
Yury L. Voytekhovsky, Apatity, Russia
Alexey D. Gvishiani, Moscow, Russia
Nikolay N. Gerasimov, Syktyvkar, Russia
Irina V. Kozyreva, Syktyvkar, Russia
Marko Komac, Ljubljana, Slovenia
Rustam I. Koneev, Tashkent, Uzbekistan
Viktor A. Koroteev, Ekaterinburg, Russia

Sergey V. Krivovichev, Saint Petersburg, Russia
Sergey K. Kuznetsov, Syktyvkar, Russia
Maximiliano de Souza Martins, Ouro Preto, Brazil
Tatyana P. Mayorova, Syktyvkar, Russia
Joan Carles Melgarejo, Barcelona, Spain
Fancong Meng, Beijing, China
Peep Mannik, Tallinn, Estonia
Alexander M. Pystin, Syktyvkar, Russia
Constance M. Soja, Hamilton, NY, USA
Oksana V. Udoratina, Syktyvkar, Russia
Mikhail A. Fedonkin, Moscow, Russia



НОВАЯ МОДЕЛЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЮЖНОЙ ЗОНЫ РАНИЕПРОТЕРОЗОЙСКОГО ПЕЧЕНГСКО-ВАРЗУГСКОГО ЗЕЛЕНОКАМЕННОГО ПОЯСА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

П. К. Скуфьин

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты

skuf@geoksc.apatity.ru

Предлагается новая модель геологического строения Южной зоны Печенгско-Варзугского зеленокаменного пояса (ПВП) раннего протерозоя. Приводятся доводы, что на заключительных стадиях эволюции в Южной зоне сформировался молодой Свекофенно-вепсийский вулканический пояс, во многом аналогичный вулканическим поясам фанерозоя. Этот новый подход к строению ПВП важен и с геологической, и с металлогенической точек зрения, поскольку с вулканическими поясами связаны месторождения широкого круга рудогенных элементов: Au, Ag, PGE, Sn, Bi, Sb, Pb, Zn и др. Модель базируется на результатах авторского картирования различных вулканотектонических структур региона. В Южно-Печенгской зоне ПВП была выделена ранняя группа линейных вулканотектонических структур свекофенния и более поздняя группа субизометричных вулканоструктур вепсия. В Южно-Имандра-Варзугской зоне вулканотектонические структуры свекофенния представлены раннесвекофеннийскими линейными и позднесвекофеннийскими субизометричными разновидностями.

Ключевые слова: Печенгско-Варзугский пояс, Южная зона, вулканический пояс, вулканотектоническая структура, ранний протерозой, свекофенний, вепсий.

A NEW MODEL OF GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE SOUTHERN ZONE OF EARLY PROTEROZOIC PECHENGA-VARZUGA GREENSTONE BELT (KOLA PENINSULA)

P. K. Skufin

Geological Institute of KSC RAS, Apatity

A new model of geological structure for the Southern zone of the Early Proterozoic Pechenga-Varzuga Greenstone Belt (PVB) is proposed. In the article arguments are given that at the final stages of evolution in the Southern zone a young Svecofennian-Vepsian Volcanic Belt was formed, in many respects analogous to the volcanic belts of the Phanerozoic. This new approach to the PVB structure is important from both a geological and a metallogenic point of view, since deposits of a wide range of ore-bearing elements are associated with volcanic belts: Au, Ag, PGE, Sn, Bi, Sb, Pb, Zn, etc. The model is based on the results of the author's mapping of various volcanic-tectonic structures of the region. In the Southern-Pechenga zone of PVB, an early group of linear Svecofennian volcano-tectonic structures and a later group of subisometric Vepsian volcanic structures were identified. In the Southern-Imandra-Varzuga zone, the volcano-tectonic Svecofennian structures are represented by the Early-Svecofennian linear and Late-Svecofennian subisometric varieties.

Keywords: Pechenga-Varzuga belt, Southern zone, volcanic belt, volcano-tectonic structure, Early Proterozoic, Svecofennian, Vepsian.

Революционные процессы, затронувшие многие стороны геологии в последние десятилетия прошлого века, воплотились в том числе в представлениях, связанные с разработкой концепции об орогенных вулканических поясах как закономерных мегаструктурах глобального порядка, являющихся основополагающими при формировании континентальной земной коры в фанерозое [1—4, 7]. За считанные годы это понятие стало употребляться при описании глобальных структур континентального масштаба и было поставлено в ряд с такими геоструктурами, как геосинклинали. По краткому выражению Ю. А. Косыгина [3], «вулканический пояс в целом — система слившихся воедино вулканотектонических структур». Но если само понятие «вулканический пояс» вошло в геологический обиход лишь на рубеже шестидесятых годов XX века, то вулканотектонические структуры были известны геологам на полвека раньше. Впервые описанные английскими геологами на заре прошлого века в Шотландии и Северной

Ирландии как экзотические образования [4], они в результате дальнейших исследований становятся явлением, значение которого в строении верхних горизонтов земной коры не уступает значению геосинклиналей. В отношении вопроса о времени образования вулканотектонических структур большинство исследователей считает, что они формировались начиная с раннего протерозоя, почти во все периоды геологической истории Земли [3, 4].

Классификацию вулканотектонических структур в пределах орогенных вулканических поясов предложил В. Ф. Белый [1]:

а) собственно вулканотектонические структуры (чаще имеют линейную или близкую к линейной форму, обусловленную наличием систем продольных разломов глубинного заложения);

б) вулканоструктуры (преобладают изометричные разновидности). Главными элементами вулканотектоники в подобных вулканоструктурах являются радиальные,

а также кольцевые и полукольцевые в плане разломы, обычно зафиксированные внедрением серий интрузивных субвулканических тел.

Собственно вулкано-тектонические линейные структуры являются образованиями более высокого порядка, развивающимися на более ранних стадиях развития вулканических орогенных поясов. По отношению к ним изометричные вулканоструктуры второй группы являются наложенными структурами.

Результаты исследования

Северо-восточная часть Балтийского щита (Кольская субпровинция), является уникальным по значимости полигоном для изучения масштабных проявлений раннепротерозойских тектономагматических процессов, формировавших континентальную сиалическую кору этого региона. Эти процессы реализовались прежде всего в эволюционной истории становления раннепротерозойских поясов Кольской субпровинции, в том числе главной геоструктуры востока Балтийского щита — Печенгско-Варзугского зеленокаменного пояса (ПВП) [5, 6, 8]. Зеленокаменный пояс в виде прерывистой мегаструктуры протягивается в северо-западном направлении через весь Кольский полуостров и далее в Норвегию. Пояс представ-

ляет собой цепь отдельных автономных тектономагматических структур-фрагментов, крупнейшие из которых — Имандра-Варзугская и Печенгская структуры. Эта карельская сложнопостроенная мегаструктура, заложенная на гетерогенном архейском фундаменте и развивавшаяся на протяжении почти миллиарда лет, прошла длительную и многоэтапную историю становления.

Тектономагматические события развивались в рамках ПВП в течение единого карельского эндогенного мегацикла (2550—1700 млн лет) [6, 8], в котором выделены четыре эндогенных цикла второго порядка продолжительностью около 200 млн лет каждый: сумийский (2550—2325 млн лет), сариолийско-ятулийский (2325—2115 млн лет), людикий-калевийский (2115—1940 млн лет) и свекофенно-вепсийский (1940—1700 млн лет). В Печенгской структуре карельский структурно-вещественный комплекс включает в себя вулканогенные формации трех последних циклов развития; в Имандра-Варзугской в полном объеме представлены формации сумийского и сариолийско-ятулийского циклов, в то время как формационный ряд двух последних циклов редуцирован. Печенгская структура, изначально представлявшая собой субизометричную вулканотектоническую палеодепрессию (рис. 1), сложена породами возрастом 2325—1700 млн лет (сариолий-ятулий-

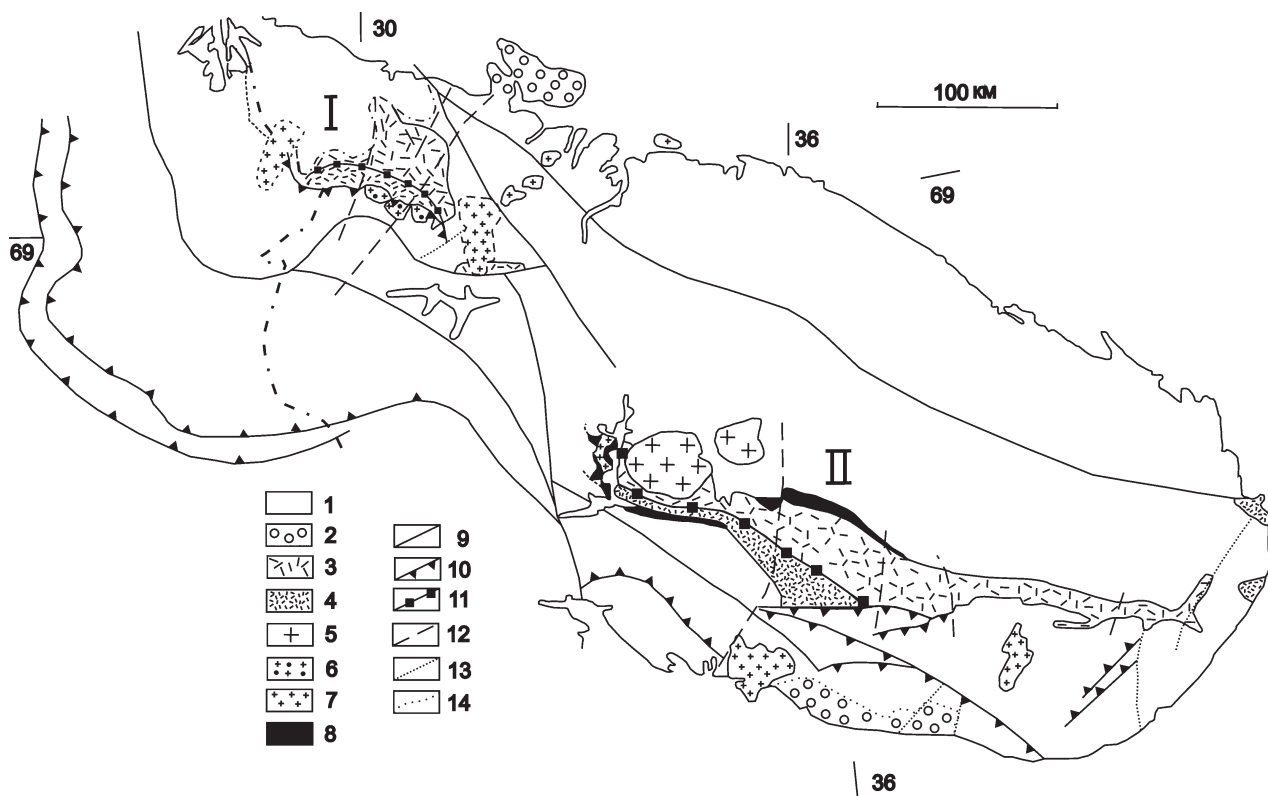


Рис. 1. Структурная блокировка Кольского геоблока [5]. Условные обозначения: 1 — СВК (структурно-вещественный комплекс) архея (2900—2600 млн лет); 2 — СВК позднего протерозоя (молоче 1700 млн лет); 3, 4 — СВК раннего протерозоя (карелиды) соответственно структуры Северной зоны ПВП (2550—1905 млн лет) (3) и структуры Южной зоны ПВП (1905—1700 млн лет) (4); 5 — щелочные интрузии палеозоя; 6 — синкинематические граниты (2150—1900 млн лет); 7 — посткинематические граниты (1840—1700 млн лет); 8 — габбро-нориты (2500—2480 млн лет); 9 — глубинные разломы; 10 — надвиги карельского возраста; 11 — глубинный разлом — граница Северной и Южной зон ПВП; 12 — второстепенные разломы; 13 — разломы неясного генезиса; 14 — нормальные стратиграфические и интрузивные контакты. I — Печенгская структура; II — Имандра-Варзугская структура

Fig. 1. Structural blocking of the Kola geoblock [5]. Legend: 1 — SMC (structural-material complex) of Archean (2900—2600 Ma); 2 — SMC of Late Proterozoic (under 1700 Ma); 3, 4 — SMC of early Proterozoic (Kareliids), respectively, structure of the Northern Zone PVB (2550—1905 Ma) (3) and structure of the Southern zone PVB (1905—1700 Ma) (4); 5 — alkaline intrusions of Paleozoic; 6 — synkinematic granites (2150—1900 Ma); 7 — post-kinematic granites (1840—1700 Ma); 8 — gabbro-norites (2500—2480 Ma); 9 — deep faults; 10 — thrusts of Karelian age; 11 — deep fault — boundary of the North and South PVB zones; 12 — minor faults; 13 — faults of unclear genesis; 14 — normal stratigraphic and intrusive contacts. I — Pechenga structure; II — Imandra-Varzuga structure



людиковый-калевий-свекофенный-вепсий). В настоящее время эта структура является, вероятно, наиболее изученной раннедокембрийской структурой мира благодаря широко известным уникальным Cu-Ni-месторождениям, а также благодаря хорошо изученному мощному разрезу вулканогенно-осадочных пород, который является стратотипическим для этого региона. Кроме того, пробуренная в северной части Печенгской структуры Кольская сверхглубокая скважина СГ-3 позволила в комплексе с геофизическими исследованиями расшифровать глубинное строение земной коры всей Кольской субпровинции [8].

Более древняя Имандра-Варзугская структура имеет форму, близкую к линейной палеодепрессии (рис. 1), и сложена породами возрастом 2550—1865 млн лет (сумий-сариолий-ятулий-людиковый-калевий-свекофенный).

Внутренняя структура ПВП однородна на всем протяжении пояса и характеризуется наличием продольных глубинных разломов, разделяющих протяженную мегаструктуру ПВП на систему северных и южных структурно-формационных зон как в Печенгской, так и в Имандра-Варзугской структурах [2, 5, 6]. При этом южные зоны в обеих структурах представляют собой систему линейных и субизометричных вулканотектонических структур, формирующих единый Свекофенно-вепсийский орогенный вулканический пояс (СВП). Проанализируем, насколько этот молодой орогенный пояс, локализованный в Южной структурно-формационной зоне ПВП, соответствует по своим морфологическим особенностям и деталям строения классическим аналогам в современных и древних вулканических поясах.

Свекофенно-вепсийский вулканический пояс в пределах и Южно-Печенгской, и Южно-Имандра-Варзугской зон явился отражением масштабных орогенных геодинамических событий в Свекофеннийской геосинклинали в Финляндии [2, 6]. Автор непосредственно принимал участие во всех крупных научно-производственных проектах изучения этих зон, в частности в проекте 1968—71 гг. на поиски медно-никелевых руд, а также осуществлял научное руководство при проведении в 1974—77 гг. комплексных геолого-геофизических работ в Печенгской и Имандра-Варзугской структурах. Наконец, в 1987—95 гг. автор проводил палеовулканологические и геолого-геохимические исследования при выполнении научно-производственной программы ГДП-50 в пределах Южно-Печенгской и Южно-Имандра-Варзугской зон. Изучение петрографии и петрогеохимии образцов керна протерозойской части разреза СГ-3 автор проводил начиная с 1993 г. и до закрытия проекта «Кольская сверхглубокая» в 2008 г. [8].

Вулканотектонические структуры СВП образуют разновозрастные группы, более древняя из которых в Южно-Печенгской зоне представлена фрагментами тектонизированных линейных вулканоструктур раннего свекофенния, сложенными вулканитами брагинской свиты, а также субвулканическими телами Порыташского комплекса позднего свекофенния (рис. 2). Более молодая группа вулканотектонических структур вепсия представлена целым рядом субизометричных вулканических центров (вулканотектонических структур), локализация которых контролировалась рамками Пороярвинского вулканического пояса второго порядка как одной из поздних ветвей эволюции СВП. Эти вулканочетры сложены бимодальной ассоциацией вулканитов менельской (пикритовый вулканизм) и каплинской (вулканизм среднекислого состава) свит.

В Имандра-Варзугской зоне молодые породы вепсия редуцированы, а вулканиты раннего свекофенния ильмозерской свиты распространены лишь в её западной и центральной частях. Группа субизометричных вулканотектонических структур позднего свекофенния представлена прежде всего Панареченской вулканотектонической структурой (ПВТС), несогласной по отношению к базальтоидам ильмозерской свиты (рис. 3). В пределах Панареченской структуры вулканиты формируют следующий формационный ряд: укороченная известково-щелочная формация зоны кольцевого разлома (монцитит-трахиандезитовая вулканоплутоническая ассоциация) — однородная толеит-базальтовая формация островодужного генетического типа (габбро-базальтовая вулканоплутоническая ассоциация верхнепанареченской подсвиты) — непрерывная известково-щелочная трахиандезит-дацит-риолитовая формация (гранит-риолитовая вулканоплутоническая ассоциация самингской свиты).

Полученный нами возраст фельзитических вулканитов и интрузивных пород ПВТС позволяют предположить длительную историю формирования этой кальдерной структуры в свекофеннии [6]. Наиболее ранняя фаза магматизма ПВТС представлена массивом эпизональных плагиомикроклиновых гранитов, U-Pb-возраст которых составляет (1940 ± 5) млн лет. Трахиандезиты зоны кольцевого разлома имеют U-Pb-возраст (1907 ± 18) млн лет. Самая молодая фаза магматизма представлена риолитами самингской свиты — (1883 ± 26) млн лет.

Причины хорошей сохранности всех особенностей классических кальдерных структур в Панареченской вулканотектонической структуре объясняются благоприятным течением целого ряда обстоятельств. На орогенной стадии эволюции карельского ПВП, в его центральной части, в пределах Южно-Имандра-Варзугской зоны, сформировался крупный блок, сложенный породами молодого Свекофенно-вепсийского пояса и опущенный на значительную глубину по системе поперечных разломов, опирающихся Умба-Вильмуайвский продольный глубинный разлом-линеамент. Благодаря исключительно благоприятным условиям нахождения в тектонически затененном пространстве эта структура сохранилась практически в «нетронутым» состоянии и не подверглась заметному воздействию последующих многочисленных и разновозрастных тектономагматических процессов. Сохранился и вулканогенно-осадочный комплекс заполнения этой структуры, и многочисленные гипабиссальные тела зоны кольцевого кальдерного разлома, и субизометричная в плане интрузия гранитов, представляющая собой подводящий канал внутрикальдерного палеовулкана центрального типа, и многочисленные зоны синвулканических углеродистых и кварц-углеродистых метасоматитов. Волшебным образом почти незатронутая изменениями вулканотектоническая кальдерная структура с возрастом 2 млрд лет была перенесена из глубокой древности в наше время.

Выводы

Подводя итог рассмотрению особенностей эволюции Свекофенно-вепсийского вулканического пояса в отношении его строения и состава, можно констатировать, что СВП во многом аналогичен орогенным вулканическим поясам фанерозоя и даже современным их представителям, для которых характерны ранние собственно вулканотектонические структуры, имеющие линейную форму, и более поздние субизометричные кальдероподобные об-

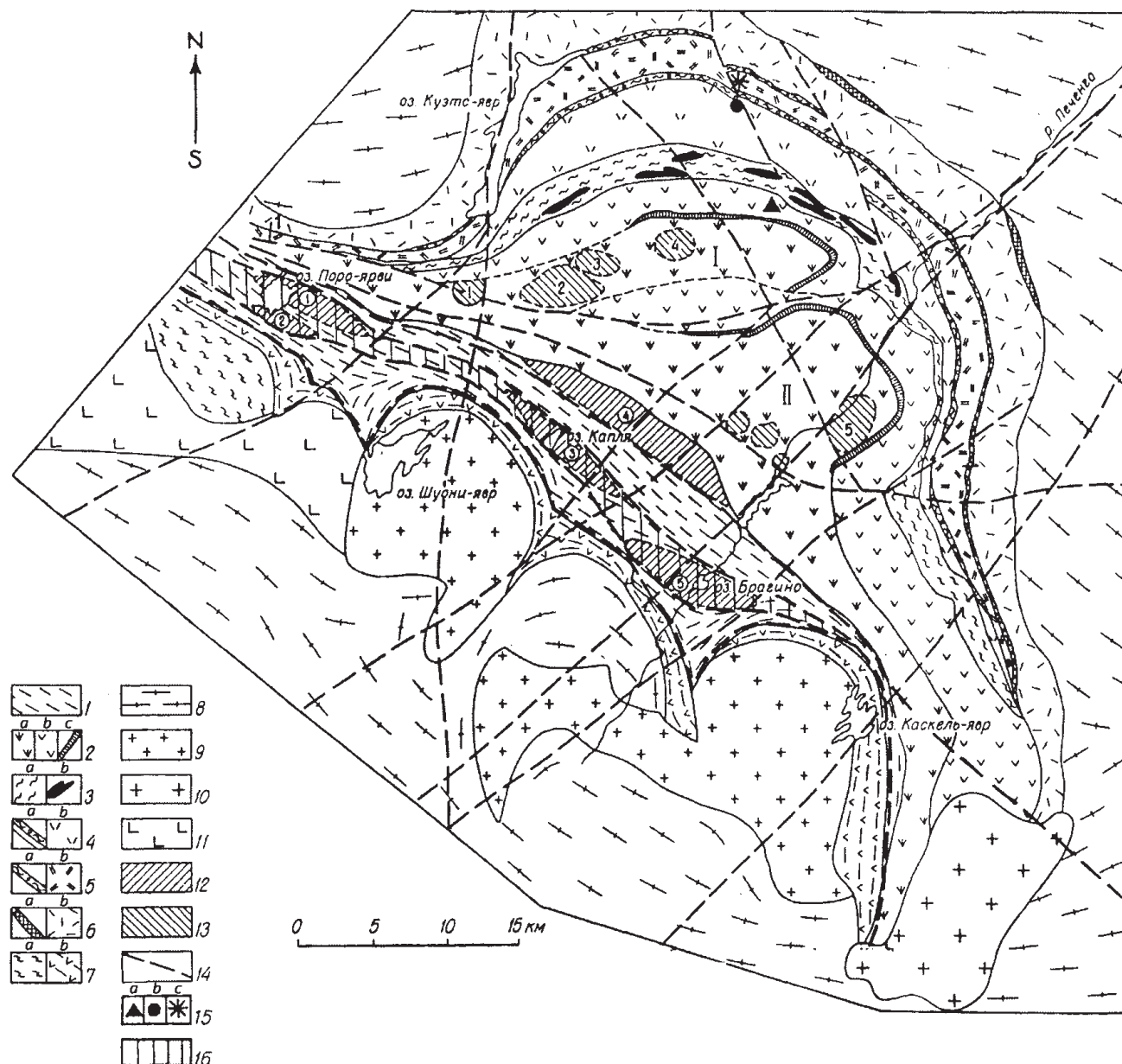


Рис. 2. Схематическая геологическая карта Северо-Печенгской и Южно-Печенгской зон Печенгской структуры [5, 6, 8]. Условные обозначения: 1 — вулканогенно-осадочные породы южнопеченгского подкомплекса (1905—1700 млн лет); 2—6: вулканогенно-осадочные породы северопеченгского подкомплекса (2550—1905 млн лет); 2 — породы IV BC (вулканогенной свиты) — (1980 ± 34) млн лет: а — базальты; б — шаровые базальты; с — риолиты; 3 — IV ОС (осадочная свита): а — метаосадки; б — габбро-верлиты; 4 — породы III ОС и III BC — (2114 ± 52) млн лет: а — осадки, б — вулканиты; 5 — породы II ОС и II BC — (2214 ± 54) млн лет: а — осадки, б — вулканиты; 6 — породы I ОС и I BC — (2324 ± 28) млн лет: а — осадки, б — вулканиты; 7 — породы неясного стратиграфического положения: а — гнейс-сланцы, б — амфиболиты; 8 — гнейсогранитный архейский фундамент; 9 — плагиограниты (1940 млн лет); 10 — микроклиновые граниты (1840 млн лет); 11 — габбро; 12 — локальные вулканотектонические структуры (вулканические центры) в Южно-Печенгской структуре: 1 — Северо-Пороярвинская, 2 — Южно-Пороярвинская, 3 — Каплинская, 4 — Порыташская, 5 — Брагинская; 13 — локальные вулканотектонические центры в Северо-Печенгской структуре; 14 — дизъюнктивные нарушения; 15 — крупнейшие структурные скважины (треугольник — Кольская сверхглубокая скважина СГ-3); 16 — Пороярвинский вулканический пояс второго порядка, контролировавший локализацию вулканотектонических структур (вулканических центров) в Южно-Печенгской зоне

Fig. 2. Schematic geological map of the North-Pechenga and South-Pechenga zones of the Pechenga structure [5, 6, 8]. Legend: 1 — volcanogenic-sedimentary rocks of the South Pechora subcomplex (1905—1700 Ma); 2—6: volcanogenic sedimentary rocks of the Severo-Pechensky subcomplex (2550—1905 Ma); 2 — rocks of the IV BC (volcanogenic formation) — (1980 ± 34) Ma: a — basalts; b — spherical basalts; c — rhyolites; 3 — IV OS (sedimentary suite): a — meta-sediments; b — gabbro-verlites; 4 — rocks III OS and III BC — (2114 ± 52) Ma: a — precipitation, b — volcanics; 5 — rocks II OS and II BC — (2214 ± 54) Ma: a — sediments, b — volcanics; 6 — rocks I OC and I BC — (2324 ± 28) Ma: a — precipitation, b — volcanics; 7 — rocks of an unclear stratigraphic position: a — gneiss-schists, b — amphibolites; 8 — gneiss-granite Archaean basement; 9 — plagiogranites (1940 Ma); 10 — microcline granites (1840 Ma); 11 — gabbro; 12 — local volcanic-tectonic structures (volcanic centers) in the South Pechora structure: 1 — Severo-Porjarvinskaya, 2 — Yuzhno-Poravinskaya, 3 — Kaplinskaya, 4 — Porytashskaya, 5 — Braginskaya; 13 — local volcanic centers in the Severo-Pechenskaya structure; 14 — disjunctive disorders; 15 — the largest structural wells (triangle — Kola super-deep well SG-3); 16 — Poroyarvinsky second-order volcanic belt, which controlled the localization of volcanic-tectonic structures (volcanic centers) in the South Pechora zone

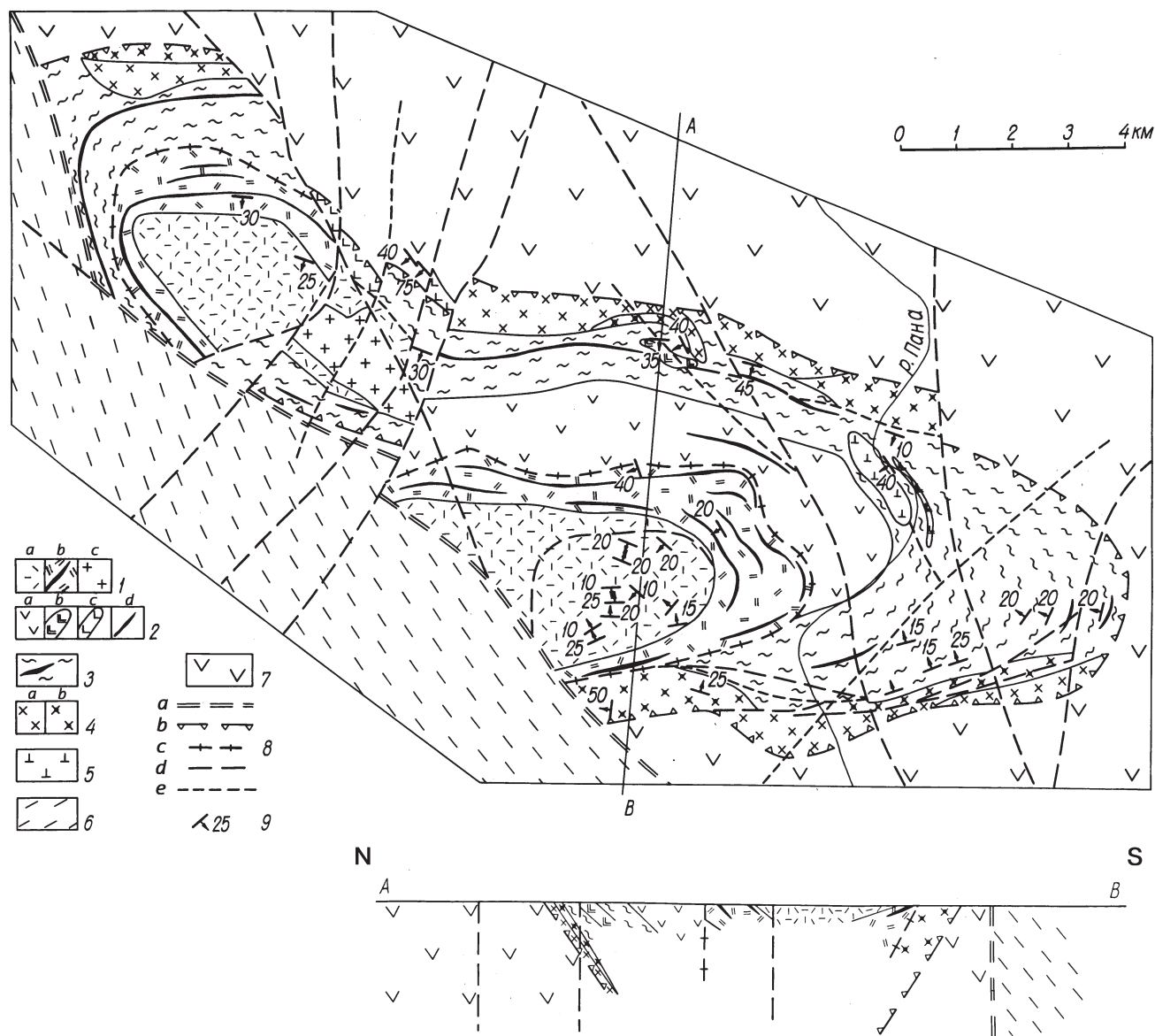


Рис. 3. Схематическая геологическая карта Панареченской структуры [6]. Условные обозначения: 1 — породы самингской свиты — фельзические лавы с углеродистыми сланцами; 2, 3 — породы панареченской свиты; 4 — эпизональные монцитоны-трахиандезиты зоны кольцевого разлома и граниты в зоне поперечного поднятия; 5 — метаперидотиты; 6, 7 — вмещающие породы раннего свекофенния, 8, 9 — структурные элементы

Fig. 3. Schematic geological map of the Panarechka structure [6]. Legend: 1 — rocks of the Samingskaya suite — felsic lavas with carbonaceous schists; 2, 3 — rocks of the Panarechenskaya suite; 4 — epizonal monzonites-trachyandesites of the zone of ring fault and granites in the zone of transverse uplift; 5 — metaperidotites; 6, 7 — host rocks of early svecofennides, 8, 9 — structural elements

разования [1]. Таким образом, геодинамические события свекофенно-вепсийского цикла (1940—1700 млн лет) в Южно-Печенгской и Южно-Имандра-Варзугской зонах можно объяснить с позиций новой геологической концепции орогенных вулканических поясов.

Работа выполнена при поддержке гранта № 16-05-00026.

Литература

- Белый В. Ф. Стратиграфия и структуры Охотско-Чукотского вулканического пояса. М.: Наука, 1977. 171 с.
- Балтыбаев Ш. К., Левченков О. А., Левский Л. К. Свекофеннский пояс Фенноскандии: пространственно-временная корреляция раннепротерозойских эндогенных процессов. СПб.: Наука, 2009. 328 с.
- Косыгин Ю. А. Тектоника. М.: Недра. 1969. 470 с.
- Луицкий В. И. Основы палеовулканологии. Т. 2. М.: Наука. 1971. 381 с.
- Сейсмогеологическая модель литосферы Северной Европы: Лапландско-Печенгский район / Отв. ред. Н. В. Шаров. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. 226 с.
- Скуфьин П. К. Раннепротерозойские вулканогенные формации ПВП как индикаторы геодинамических режимов: Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. М.: Изд. МГУ. 1998.
- Устинов Е. К. Охотский структурный пояс и некоторые связанные с ним проблемы // Сов. геология. 1959. № 3. 230 с.
- Skuf'in P. K., Vetrin V. R. Kola Superdeep Borehole // Major geological sights of the Kola Peninsula. Apatity, 2002, pp. 60—73.

References

1. Beliy V. F. *Stratigrafiya i struktury Ohotsko-Chukotskogo vulkanicheskogo poyasa* (Stratigraphy and structure of the Okhotsk-Chukotka volcanic belt). Moscow: Nauka, 1977, 171 pp.
2. Baltybaev Sh.K., Levchenkov OA, Levsky LK *Svekofennskii poyas Fennoskandii: prostranstvenno-vremennaya korrelyatsiya ranneproterozoiskih endogennykh protsessov* (The svecofennide belt of Fennoscandia: the spatio-temporal correlation of Early Proterozoic endogenous processes). St Petersburg: Science, 2009, 328 pp.
3. Kosygin U. A. *Tektonika* (Tectonics). Moscow: Nedra, 1969, 470 pp.
4. Luchitsky V. I. *Osnovy paleovulkanologii* (Paleovolcanology basics). V. 2, Moscow: Nauka, 1971, 381 pp.
5. *Seismogeologicheskaya model litosfery Severnoi Evropy: Laplandsko-Pechengskii raion* (Seismogeological model of lithosphere for the Northern Europe: Lapland-Pechenga region) (Ed. N.V. Sharov). Apatity: ed. KSC RAS, 1997, 226 pp.
6. Skufin P. K. *Ranneproterozoiskie vulkanogennye formatsii PVP kak indikatory geodinamicheskikh rezhimov* (Early Proterozoic volcanogenic formations of PVB as indicators of geodynamic regimes). Extended abstract of Doctoral dissertation. Moscow: Moscow State University, 1998.
7. Ustiev E. K. *Ohotskii strukturnyi poyas i nekotorye svyazannye s nim problemy* (Okhotsk structural belt and some related problems). Sov. Geology, 1959, No. 3.
8. Skufin P. K., Vetrin V. R. Kola Superdeep Borehole. Major geological sights of the Kola Peninsula. Apatity, 2002, pp. 60—73.



ГЛУБИННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕРКАЮСКОГО ЭКЛОГИТ-СЛАНЦЕВОГО КОМПЛЕКСА ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА ПО ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Т. А. Пономарева, А. М. Пыстин, Е. В. Кушманова

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

taponomareva@inbox.ru

На основе качественной интерпретации гравитационного поля получены дополнительные данные, подтверждающие северо-западную («неуральскую») ориентировку и резко дискордантные взаимоотношения ранних структурных ансамблей неркаюского эклогит-сланцевого комплекса с уралидами. Впервые установлены особенности глубинного строения Неркаюского сегмента земной коры и выявлена взаимосвязь плотностных неоднородностей средней и верхней коры. Приведены новые аргументы в пользу представления о неркаюском эклогит-сланцевом комплексе как о тектонически перемещенном фрагменте нижнедокембрийского кристаллического основания, вовлеченного в структуру уралид.

Ключевые слова: Приполярный Урал, неркаюский эклогит-сланцевый комплекс, глубинное строение, петрофизическая характеристика, плотностные неоднородности.

DEEP STRUCTURE CHARACTERISTICS OF THE NERKAYU ECLOGITE-SCHIST ROCK ASSOCIATION IN THE SUBPOLAR URALS BY GRAVIMETRIC DATA

T. A. Ponomareva, A. M. Pystin, E. V. Kushmanova

Institute of Geology Komi SC UB RAS, Syktyvkar

On the basis of qualitative interpretation of the gravitational field additional data were obtained, confirming the north-western («out-Uralian») orientation and sharply concordant interrelationships of the early structural assemblages of the Nerkayu eclogite-schist rock association with the rocks related to Uralian orogeny («uralids»). The features of the deep structure of the Nerkayu segment of the earth's crust have been established for the first time, and the interrelation of density inhomogeneities in the middle and upper crust has been revealed. New arguments are presented in favor of the concept concerning the Nerkayu eclogite-schist complex as a tectonically displaced fragment of the Lower Precambrian crystalline basement, which is involved in the structure of Uralian orogeny rocks («uralids»).

Keywords: Subpolar Urals, Nerkayu eclogite-schist complex, deep structure, petrophysical characteristics, density inhomogeneities.

Введение

На Урале основные проявления высокобарических метаморфитов образуют так называемый высокобарический пояс, который прослеживается вдоль Главного Уральско-го разлома (ГУР) от р. Шурыя на севере до р. Урал на юге на расстоянии 2000 км. В пределах этого пояса возрастные датировки, полученные по высокобарическим метаморфитам, в основном укладываются в интервал 390—240 млн лет. Учитывая четкий структурный контроль высокобарического метаморфизма (приуроченность к ГУР) и преобладающие возрастные цифры, многие исследователи ограничивают указанным выше интервалом время формирования высокобарических породных ассоциаций, начиная с процессов кристаллизации высокобарических парагенезисов в глубинных зонах и заканчивая эксгумацией метаморфитов в коллизионный и постколлизионный этапы развития Уральского складчато-орогенного пояса.

Тем не менее обращает на себя внимание тот факт, что эклогиты — наиболее высокотемпературные разновидности высокобарических метаморфитов — распределены в пределах пояса локально. На севере Урала они встречаются в составе только двух комплексов (рис. 1): марунке-

уском на севере Полярного Урала и неркаюском на севере Приполярного Урала, которые, в свою очередь, пространственно ассоциируются с гнейсомигматитовыми и гранулит-метабазитовыми комплексами нижнего докембрия и имеют определенные черты сходства с ними.

Так, эклогитсодержащие комплексы, как и другие нижнедокембрийские комплексы, резко отличаются от вмещающих верхнедокембрийских и палеозойских отложений не только высокой степенью метаморфизма, но и резко дискордантными по отношению к уралидам структурами. Для них характерна линейная складчатость с западно-северо-западным простиранием шарниров.

Геологическая позиция, структурные особенности и аномально высокая степень метаморфизма пород, а также единичные Pb-Pb-датировки цирконов (более 1.6 млрд лет), полученные термоизохронным методом [3, 6, 7, 17], послужили в свое время основанием для отнесения эклогитсодержащих комплексов севера Урала к основанию нижнепротерозойского разреза [16].

Позднее дорифейские возрастные значения были получены с использованием разных изотопных систем [1, 2]. Однако вопрос о возрасте упомянутых эклогитсодержа-

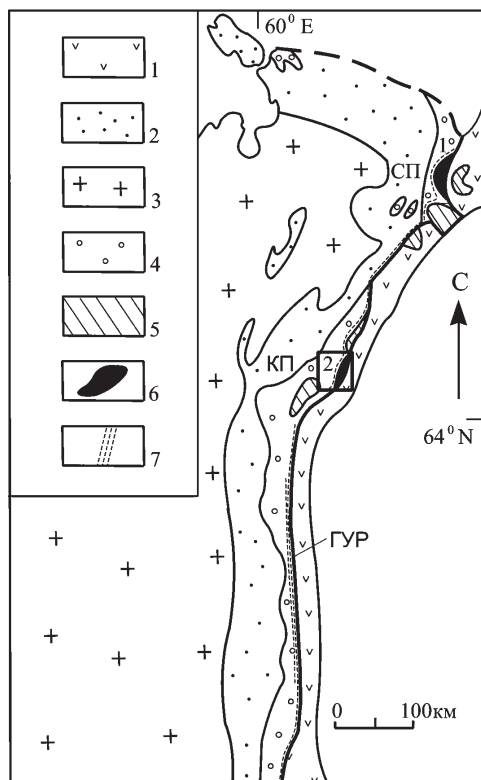


Рис. 1. Схема размещения высокобарических метаморфических комплексов на севере Урала:

1 — осадочный чехол Европейской платформы; 2, 3 — палеозойские формации Урала: 2 — палеоокеанические, 3 — палеоконтинентальные; 4 — верхнедокембрийские образования, преимущественно претерпевшие зеленосланцевый метаморфизм; 5, 6 — нижнедокембрийские образования: 5 — гнейсомигматитовые и гранулит-метабазитовые, 6 — эклогит-гнейсовые и эклогит-сланцевые; 7 — проявления глаукофан-сланцевого метаморфизма. Буквенные обозначения: ГУР — Главный Уральский разлом, СП — Собское поперечное поднятие, КП — Кожимское поперечное поднятие. Цифровые обозначения: 1 — марункеуский эклогит-гнейсовый комплекс, 2 — неркаюский эклогит-сланцевый комплекс. Прямоугольником выделен район исследований

Fig. 1. The layout of high-pressure metamorphic complexes in the north of the Urals:

1 — sedimentary cover of the European platform; 2–3 — Paleozoic formations of the Urals: 2 — paleoceanic; 3 — paleocontinental, 4 — Upper Precambrian formations, mainly undergone green-schist metamorphism; 5–6 — Lower Precambrian formations: 5 — gneiss-migmatite and granulite-metabasite, 6 — eclogite-gneiss and eclogite-schist; 7 — outcrops of glaucophane-schist metamorphism. Letter designations: GUR — Main Ural fault, SP — Sob transverse uplift, KP — Kozhim transverse uplift. Numerical designations: 1 — Marunkeu eclogite-gneiss complex, 2 — Nerkaeu eclogite-schist complex. Rectangle is the study area

щих комплексов до сих пор остается спорным, поскольку среди имеющихся на сегодняшний день возрастных изотопных определений преобладают палеозойские датировки. Тем не менее упомянутые выше геологические данные, с учетом имеющихся древних датировок по эклогитам, в том числе U-Pb-определений, полученных по метаморфогенным цирконам, являются основанием для интерпретации эклогитсодержащих комплексов севера Урала как фрагментов нижнедокембрийского кристаллического основания, вовлеченного в структуру уралит [14].

Основные черты геологического строения неркаюского комплекса

Неркаюский эклогитсодержащий (эклогит-сланцевый) комплекс слагает одноименный тектонический блок, имеющий в плане серповидную форму, и прослеживается в северо-восточном направлении на 80 км по правобережью р. Хулги от ее крупного притока — р. Хальмерью — на юге до р. Бол. Трыктолова на севере. Максимальная ширина блока 15 км. Он граничит на востоке и юго-востоке по Главному Уральскому разлому с габбро и гипербазитами Олыся-Мусюрского массива, а на западе по Эрепшорскому разлому глубокого заложения — со слабометаморфизованными вулканогенно-осадочными отложениями кергешорского комплекса (RF₂₋₃).

Неркаюский комплекс сложен эклогитами, амфиболитами и гранат-слюдяными кристаллическими сланцами (рис. 2). Породы многократно дислоцированы и преобразованы последовательно проявившимися метаморфическими процессами. Фрагменты наиболее ранних структурных элементов представлены линейными складками преимущественно западно-северо-западной ориентировки, поперечной генеральному простиранию уралит [13].

Оценка возможных геодинамических обстановок образования протолитов метаморфических пород неркаюс-

кого комплекса была дана нами ранее [9]. В этой работе было показано, что на дискриминационных диаграммах точки составов эклогитов и амфиболитов попадают в пограничные области полей континентальных базальтов и базальтов океанических островов. При сравнении распределения РЗЭ в метабазитах (эклогитах и амфиболитах) неркаюского комплекса с распределением типовых составов вулканитов основного ряда обнаружилось их сходство с платобазальтами и умеренно-обогащенными толеитами окраинных (задуговых) морей. Анализ спектров распределения редких и редкоземельных элементов показал близость составов исследуемых кристаллических сланцев с граувакками океанических островных дуг.

В целом результаты анализа петрогеохимических данных приводят к выводу, что протолиты метаморфических пород неркаюского комплекса наряду с признаками океанического (морского) происхождения имеют континентальные метки. Это можно проинтерпретировать следующим образом: вулканогенно-осадочные образования — протолиты метаморфических пород — сформировались на окраине континента в обстановке рифтогенеза и последующего развития задугового моря [9].

Геохронологические данные по неркаюскому комплексу пока весьма ограничены. Принципиальным моментом является то, что имеются датировки метаморфогенных цирконов, превышающие 1.6 млрд лет. Это с большой степенью вероятности указывает на дорифейский возраст протолитов метаморфических пород, слагающих комплекс. Максимальные изотопные возрастные значения метаморфогенных цирконов, которые можно интерпретировать как время проявления наиболее ранних метаморфических событий в породах неркаюского комплекса, получены по гранат-слюдяным кристаллическим сланцам U-Pb (LA-ICP-SF-MS)-методом — 1.99–1.94 млрд лет [10]. Учитывая, что в метабазитах гранат-омфацитовый пара-

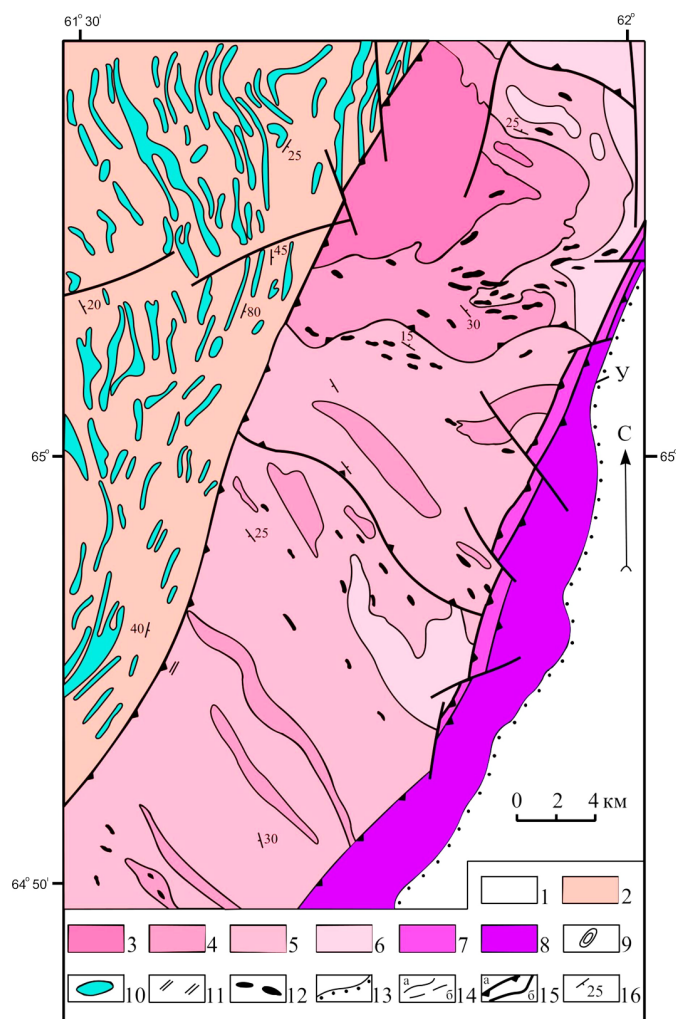


Рис. 2. Геологическая карта неркауского эклогит-сланцевого комплекса (по [8]):

1 — четвертичные отложения; 2 — керегшорский комплекс (R_{2-3}): парасланцы, зеленые ортосланцы, прослои метапесчаников и метагравелитов; 3—7 — неркауский комплекс (PR_1): 3 — лейкократовые кристаллические сланцы, 4 — мезократовые кристаллические сланцы, 5 — мезократовые и лейкократовые кристаллические сланцы с прослоями амфиболитов, 6 — амфиболиты, эклогиты, гранат-глаукофановые сланцы, кристаллические сланцы, 7 — амфиболиты, гранат-глаукофановые сланцы, кварциты; 8 — габбро, пироксениты, перидотиты (O_3-S_1); 9 — габбро, габбро-диабазы (O_{2-3}); 10 — метагаббро, метагаббро-диабазы (R_3-V); 11 — метадиабазы (O_{2-3}); 12 — апоинтрузивные амфиболиты, эклогиты (PR_1); границы: 13 — распространения мезокайнозойских отложений, 14 — стратифицируемых и интрузивных образований (а — установленные, b — предполагаемые); 15 — разрывные нарушения (а — взбросы и надвиги, b — крутопадающие разломы); 16 — элементы залегания кристаллизационной сланцеватости. У — Главный Уральский разлом, Э — Эрепшорский разлом глубокого заложения

Fig. 2. Geological map of the Nerkauskoye eclogite-schist complex (according to [13]):

1 — Quaternary sediments; 2 — Kereghshor Complex (R_{2-3}): parashists, green ortho-schists, interlayers of meta-sandstones and meta-gritstones; 3—7 — Nerkauskoye complex (PR_1): 3 — leucocratic crystalline schists, 4 — mesocratic crystalline schists, 5 — mesocratic and leucocratic crystalline schists with interlayers of amphibolites, 6 — amphibolites, eclogites, garnet-glaucophane schists, crystalline schists, 7 — amphibolites, garnet-glaucophane schists, quartzites; 8 — gabbro, pyroxenites, peridotites (O_3-S_1); 9 — gabbro, gabbro-diorite (O_{2-3}); 10 — metagabbro, metagabbro-diorite (R_3-V); 11 — meta-diorites (O_{2-3}); 12 — apointrusive amphibolites, eclogites (PR_1); boundaries: 13 — distribution of Mesozoic-Cenozoic deposits, 14 — stratified and intrusive formations (a — revealed, b — assumed); 15 — faults (a — normal faults and thrust-faults, b — steeply falling faults); 16 — elements of occurrence of crystallization schistosity. U — the Main Ural fault

генезис относится к продуктам наиболее ранних метаморфических преобразований пород, приведенный выше возраст интервал, очевидно, можно связать с проявлением эклогитового метаморфизма.

Методика исследований

С помощью качественной и количественной интерпретации гравитационного поля решались следующие задачи:

- построение карт локальных аномалий (Δg)_л, полученных в результате трансформации гравитационного поля, отражающих распределение аномалеобразующих источников на различной глубине в земной коре. В основу расчета трансформированных карт положен метод послойного исключения аномальных составляющих из наблюдаемого гравитационного поля масштаба 1 : 1000000 [15], или метод геологической редукции [8];

- установление связи локальных аномалий гравитационного поля с особенностями строения неркауского комплекса. При этом учитывались интенсивность аномалий, закономерность их размещения, форма, размеры и их линейная направленность;

- определение четких различий в характерных особенностях локальных полей над неркауским комплексом и Олыся-Мусюрским массивом по причине схожести физических свойств слагающих их пород.

Результаты и обсуждение

При проведенных ранее петрофизических исследованиях было выявлено, что плотностная характеристика неркауского комплекса выглядит следующим образом: $\sigma_{cp} = 3.32 \text{ г/см}^3$ наблюдается у эклогитов; $\sigma_{cp} = 2.99 \text{ г/см}^3$ характерна для гранатовых амфиболитов; $\sigma_{cp} = 2.94 \text{ г/см}^3$ отмечается у амфиболовых, эпидот-глаукофановых и альбит-эпидот-хлорит-актинолитовых сланцев; $\sigma_{cp} = 2.73 \text{ г/см}^3$ — у мезократовых и лейкократовых кристаллических сланцев; $\sigma_{cp} = 2.72 \text{ г/см}^3$ — у хлорит-мусковит-альбит-кварцевых сланцев [14]. При сравнительном анализе магнитной восприимчивости α и плотности пород была выявлена прямая пропорциональная зависимость между этими параметрами. Для высокоплотных пород характерны высокие значения магнитной восприимчивости, и наоборот, породы с низкой плотностью практически не магнитны. Было установлено, что неркауский комплекс имеет сильно дифференцированный петрофизический разрез, характерный в целом для высокobarических образований севера Урала. Плотность и магнитная восприимчивость в этих комплексах снижаются вверх по разрезу, что связано с увеличением доли кислых пород.

Так как любое изменение в физических свойствах находит свое отражение в структуре физических полей, определение пределов изменения плотностных и магнитных свойств пород, установление общих закономерностей

тей изменения их физических свойств позволяет, в свою очередь, наиболее корректно провести интерпретацию геофизических данных. Породы неркаюского эклогит-сланцевого комплекса имеют слабо- и среднемагнитные свойства, поэтому расположены в области отрицательных значений магнитного поля интенсивностью $-1...-2$ нТл [5]. При крупномасштабных геолого-геофизических исследованиях установлены локальные магнитные аномалии, оси которых ориентированы на северо-запад. Ориентировка этих аномалий в целом совпадает с генеральным простираем структур неркаюского комплекса [12].

Карта локальных аномалий также отражает структурно-вещественные особенности неркаюского комплекса. По форме и знаку аномалии локального поля Неркаюского сегмента земной коры можно разделить на две части (рис. 3, а). Северо-восточная часть, занимающая в плане основную площадь Неркаюского сегмента, состоит из разнознаковых аномалий, близких к изометричной форме, а меньшая юго-западная часть расположена в области отрицательных значений (Δg)л.

В северо-восточной (нижней) части неркаюского комплекса широко распространены породы основного состава (апоэклогитовые амфиболиты и продукты их низкотемпературного диафтореза). Их плотность, как было отмечено выше, составляет $3.32-2.94$ г/см³. Отрицательные аномалии, приуроченные к западной границе неркаюского комплекса (к Эрешпорскому разлому), являются отражением интенсивно проявленного низкотемператур-

ного диафтореза в этой части комплекса [4] и связанного с ним последующего разуплотнения пород. В юго-западной (верхней) части неркаюского комплекса доминируют слюдястые кристаллические сланцы разного состава и низкотемпературные диафториты по ним. Они имеют значительно меньшие плотности (около 2.7 г/см³) и располагаются в области отрицательного поля (Δg)л.

Различия плотностных свойств пород, слагающих северо-восточную и юго-западную части неркаюского комплекса, еще более отчетливо проявляются в локальном гравитационном поле, отражающем строение земной коры на глубине $12.5-20$ км (рис. 3, б). Северо-восточная часть комплекса находится в области положительных значений локального поля, юго-западная — в области отрицательных значений. При этом широкая область поля локальных аномалий в контурах юго-восточной части неркаюского комплекса представляет собой юго-восточную периферию сложно построенной положительной аномалии, ряд локальных максимумов которой соотносится с выходящими на поверхность в ядре Хобеизской антиклинали породами няртинского гнейсомигматитового комплекса палеопротерозойского возраста. Вероятно, в юго-восточной части комплекса высокобарических метаморфитов имеет относительно небольшую мощность и по надвигу перекрывает низкоплотный кристаллический фундамент, сорванным и перемещенным на поверхностный уровень блоком которого и является няртинский комплекс. В северо-восточной части Неркаюского сегмента

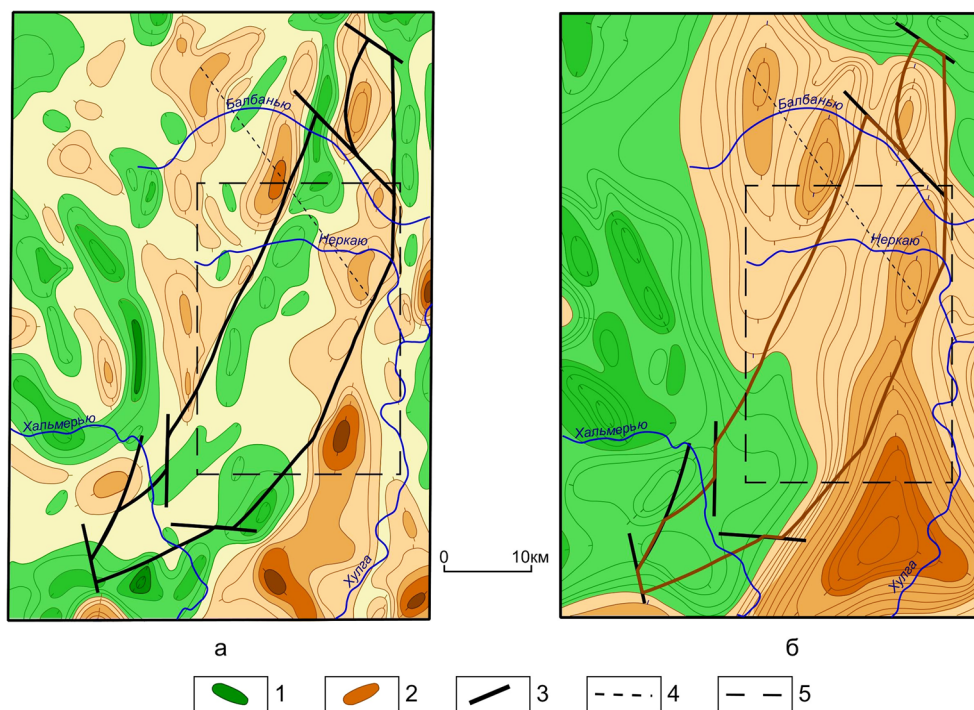


Рис. 3. Отображение неркаюского эклогит-сланцевого комплекса в гравитационном поле: а — карта локальных аномалий близ-поверхностного слоя верхней коры; б — карта локальных аномалий средней коры. 1, 2 — аномалии: 1 — положительные, 2 — отрицательные; 3 — тектонические границы неркаюского комплекса и смещающие их разломы; 4 — центральная ось зоны локальных максимумов, связанных с высокоплотными источниками аномалий; 5 — границы геологической карты, приведенной на рис. 2

Fig. 3. The display of the Nerkayu eclogite-schist complex in the gravitational field: а — map of local anomalies of the near-surface layer of the upper crust; б — map of local anomalies of the middle crust. 1, 2 — anomalies: 1 — positive, 2 — negative; 3 — tectonic boundaries of the Nerkayu complex and the faults that shift them; 4 — the central axis of the zone of local maxima associated with high-density sources of anomalies; 5 — boundaries of the Geological map shown in Fig. 2



земной коры выделяется серия линзовидных положительных локальных аномалий одинаковой интенсивности, которые объединяются в единую линейно вытянутую зону положительных аномалий северо-западной ориентировки, пересекающую неркаюский комплекс. Эта зона, отражающая, очевидно, структурно-вещественные неоднородности нижнедокембрийского основания, прослеживается по крайней мере до ГУР.

Сравнение рисунков 3, а и 3, б свидетельствует о взаимосвязи плотностных неоднородностей средней и верхней коры. Это наряду с другими геолого-геофизическими данными является важным аргументом в пользу представления о неркаюском эклогит-сланцевом комплексе как о тектонически перемещенном фрагменте нижнедокембрийского кристаллического основания, вовлеченного в структуру уралид.

Тектоническое перемещение (эксгумация) высокобарических образований на верхние коровые уровни могло происходить дискретно. $Ag-Ag$ -возрастные значения, полученные К. С. Ивановым и его соавторами [4] по белым слюдам из эклогитов (351.3 ± 3.6) и (352 ± 3.6) млн лет, вероятно, фиксируют относительно поздние этапы эксгумации, связанные с развитием уралид.

Заключение

В результате проведенных исследований получены дополнительные данные, подтверждающие северо-западную («неуральскую») ориентировку и резко дискордантные взаимоотношения ранних структурных ансамблей неркаюского эклогит-сланцевого комплекса с уралитами. Впервые установлены особенности глубинного строения Неркаюского сегмента земной коры и выявлена взаимосвязь плотностных неоднородностей средней и верхней коры. Приведены новые аргументы в пользу представления о неркаюском эклогит-сланцевом комплексе как о тектонически перемещенном фрагменте нижнедокембрийского кристаллического основания, вовлеченного в структуру уралид.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований РАН № 15-18-5-17.

Литература

1. Андричев В. Л., Родионов Н. В., Ронкин Ю. Л. $U-Pb$ и $Sm-Nd$ -датирование эклогитов Марункеуского блока Полярного Урала: новые данные // *Метаморфизм, космические, экспериментальные и общие проблемы петрологии: Материалы международного (X Всероссийского) петрографического совещания. Том 4. Апатиты: Изд-во Кол. НЦ РАН, 2005. С. 17–19.*
2. Андричев В. Л., Ронкин Ю. Л., Серов П. А. и др. Новые данные о докембрийском возрасте эклогитов Марун-Кеу (Полярный Урал) // *ДАН. 2007. Т. 413. № 4. С. 503–506.*
3. Вализер П. М., Ленных В. И. Амфиболы голубых сланцев Урала. М.: Наука, 1988. 203 с.
4. Иванов К. С., Карстен Л. А., Малюски Г. Первые сведения о возрасте субдукционного (эклогит-глаукофанового) метаморфизма на Приполярном Урале // *Палеозойные субдукции: тектоника, магматизм, метаморфизм, седиментогенез: Сборник докладов V Международной научной конференции «Чтения А.Н. Заварицкого»*. Екатеринбург: УРОРАН, 2000. С. 121–128.
5. Карта аномального магнитного поля (ΔT) России и прилегающих акваторий. СПб.: ВСЕГЕИ, 2004 г.

6. К методике определения возраста цирконов и некоторых других минералов по отношению $^{207}Pb/^{206}Pb$ / Л. В. Сумин, В. И. Малышев, Е. В. Березина и др. // *Проблемы геохронологии и изотопной геологии. М., 1981. С. 169–181.*

7. Краснобаев А. А. Циркон как индикатор геологических процессов. М.: Наука, 1986. 147 с.

8. Маловичко А. К., Тарунина О. Л. Использование вышших производных при обработке и интерпретации результатов геофизических наблюдений. М.: Недра, 1981. 186 с.

9. Неркаюский метаморфический комплекс Приполярного Урала / А. М. Пыстин, Е. В. Кушманова, И. Л. Потапов, А. В. Панфилов // *Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2014. № 11. С. 14–19.*

10. Неркаюский эклогит-амфиболит-сланцевый комплекс Приполярного Урала как фрагмент нижнедокембрийских палеоокеанических образований в структуре уралид / А. М. Пыстин, Е. В. Кушманова, Ю. И. Пыстина и др. // *Тектоника современных и древних океанов и их окраин: Материалы XLIX Тектонического совещания, посвященного 100-летию академика Ю.М. Пушаровского. М.: ГЕОС, 2017. С. 112–116.*

11. Пономарева Т. А., Пыстин А. М. Петрофизическая характеристика пород полиметаморфических комплексов севера Урала // *Известия Коми НЦ УрО РАН, 2014. № 2(18). С. 68–74.*

12. Пыстин А. М. Полиметаморфические комплексы западного склона Урала. СПб.: Наука, 1994. 208 с.

13. Пыстин А. М., Казак А. П., Чернышев Ю. А. Эклогиты неркаюского комплекса на Приполярном Урале // *Записки ВМО. 1983. Ч. 112, вып. 3. С. 346–353.*

14. Пыстин А. М., Пыстина Ю. И. Архейско-палеопротерозойская история метаморфизма пород Уральско-го сегмента земной коры // *Труды Карельского научного центра РАН. № 7. Серия «Геология докембрия», 2015. С. 3–18.*

15. Сводная гравиметрическая карта Северного, Приполярного и Полярного Урала в редукции Буге с $\sigma = 2,67 \text{ г/см}^3$ масштаба 1:200000 (второе поколение). Свердловск: УГУ, 1974.

16. Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой): Объяснительная записка // *Материалы и решения IV Уральского межвед. стратигр. совещ. Екатеринбург, 1994. 152 с.*

17. Удовкина Н. Г. Эклогиты СССР. М.: Наука, 1985. 286 с.

References

1. Andreichev V.L., Rodionov N.V., Ronkin Yu. L. *U-Pb and Sm-Nd-datirovanie eklogitov Marunkeuskogo bloka Polyarnogo Urala: novyedannye* (U-Pb and Sm-Nd-dating of eclogites of the Marunke block of the Polar Urals: new data). *Metamorphism, cosmic, experimental and general problems of petrology: Materials of the International (X All-Russian) petrographic meeting. V. 4. Apatity. Kolsky SC RAS, 2005, pp. 17–19.*
2. Andreichev V.L., Ronkin Yu. L., Serov P.A. et al. *Novye dannye o dokembriyskom vozrast eeklogitov Marun-keu (Polyarny Ural)* (New data on the Precambrian age of the eclogites of Marunkeu (the Polar Urals). *Doklady Earth Sciences. 2007. V. 413, No. 4, pp. 503–506.*
3. Valizer P.M., Lennykh V.I. *Amfiboly golubyh slancev Urala* (Amphiboles of the blue schists of the Urals). Moscow: Nauka, 1988, 203 pp.

4. Ivanov K.S., Karsten L.A., Maluski G. *Pervye svedeniya o vozraste subdukcionnogo (eklogit-glaukofanovogo) metamorfizma na Pripolyarnom Urale* (The first information on the age of subduction (eclogite-glaucophane) metamorphism in Subpolar Urals. Paleozones of subduction: tectonics, magmatism, metamorphism, sedimentogenesis: Collection of reports of the V International Scientific Conference «Zavaritsky Readings». Ekaterinburg. UB RAS, 2000. pp. 121—128.
5. *Karta anomal'nogo magnitnogo polya rossii I prilegayushikh akvatory* (Map of anomalous magnetic field of Russia and adjacent territories). Saint-Petersburg: VSEGEI, 2004.
6. *K metodike opredeleniya vozrasta cirkonov i nekotorykh drugih mineralov po otnosheniyu $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$* (Methods of determining the age of zircon and some other minerals in relation to $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) L. V. Sumin, V. I. Malyshev, E. V. Berezina et al. Problems of Geochronology and Isotope Geology. Moscow, 1981, pp. 169—181.
7. Krasnobaev A. A. *Cirkon kak indikator rgeologicheskikh processov* (Zircon as an indicator of geological processes). Moscow: Nauka, 1986, 147 pp.
8. Malovichko A.K., Tarunina O.L. *Ispol'zovanie vysshikh proizvodnykh pri obrabotke i interpretacii rezul'tatov geofizicheskikh nabljudeniy* (The use of the higher derivatives in processing and interpreting the results of geophysical observations). Moscow: Nedra, 1981. pp. 186.
9. *Nerkajuskiy metamorficheskiy kompleks Pripolyarnogo Urala* (Nerkayu metamorphic complex of the Subpolar Urals) A. M. Pystin, E. V. Kushmanova, I. L. Potapov, A. V. Panfilov. Vestnik IG Komi SC UB RAS, 2014, No. 11, pp. 14—19.
10. *Nerkayuskiy eklogit-amfibolit-slancevy kompleks Pripolyarnogo Urala kak fragment nizhnedokembriyskikh paleoceanicheskikh obrazovaniy v strukture Uralid* (Nerkayu eclogite-amphibolite-schist complex of Subpolar Urals as a fragment of Lower Precambrian paleoceanic formations in the structure of «Uralids») A. M. Pystin, E. V. Kushmanova, Yu. I. Pystina et al. Tectonics of modern and ancient oceans and their margins: Materials of XLIX Tectonic meeting on the 100th anniversary of Academician Yu. M. Pushcharovsky. Moscow: GEOS, 2017, pp. 112—116.
11. Ponomareva T. A., Pystin A. M. *Petrofizicheskaya harakteristika porod polimetamorficheskikh kompleksov severa Urala* (Petrophysical characteristics of rocks of the polymetamorphic complexes in the north of the Urals). Proceedings of the Komi Science Centre UB RAS, 2014. No 2 (18), pp. 68—74.
12. Pystin A. M. *Polimetamorficheskie komplekсы zapadno-go sklona Urala* (Polymetamorphic complexes in the western slope of the Urals). St. Petersburg: Science, 1994, pp. 208
13. Pystin A. M., Kazak A. P., Chernyshev Yu. A. *Eklogity nerkayuskogo kompleksa na Pripolyarnom Urale* (Eclogites of the Nerkayu complex in Subpolar Urals). Zapiski RMO, 1983. Part 112, No. 3, pp. 346—353.
14. Pystin A. M., Pystina Yu. I. *Arheisko-paleoproterozoiskaya istoriya metamorfizma porod Ural'skogo segmenta zemnoy kory* (Archean-Paleoproterozoic history of rocks metamorphism in the Ural segment of the earth's crust). Proceedings of the Karelian Science Center of the RAS. No. 7, Series «Geology of the Precambrian», 2015, pp. 3—18.
15. *Svodnaya gravimetricheskaya karta v redukcii Buge s $\gamma = 2.67 \text{ g/sm}^3$ masshtaba 1:200000 (vtoroe pokolenie)* (Consolidated gravimetric map in Bougue reduction with $\sigma = 2.67 \text{ g/cm}^3$ of scale 1:200000 (second generation)). Sverdlovsk. UGU, 1974.
16. *Stratigraficheskie shemy Urala (dokembrij, paleozoj): Obyasnitel'naya zapiska* (Stratigraphic charts of the Urals (Precambrian, Paleozoic). Explanatory note. Materials and decisions of the IV Urals interdepartmental stratigraphic meeting. Ekaterinburg, 1994, 152 pp.
17. Udovkina N. G. *Eklogity SSSR* (Eclogites of the USSR). Moscow. Nauka, 1985, 286 pp.



УРОВНИ ПЛАНАЦИИ В ГОРНОМ РЕЛЬЕФЕ БАШКИРСКОГО УРАЛА НА ПРИМЕРЕ ТУКАНСКОЙ ПЛОЩАДИ

Н. В. Грановская

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

grannv@sfedu.ru

При проведении геоморфологических исследований в горной части Башкортостана получены новые данные о существовании двух денудационных уровней, соответствующих геоморфологическим циклам развития Урала в палеогене и неогене, а также не менее четырех уровней гольцовой планации в четвертичное время. Предположительно Кагинская структурно-денудационная депрессия, гипсометрическое положение которой 540—560 м, соответствует уровню миоценовой планации, а педименты и педилены верхнего яруса рельефа (с абсолютными отметками 600—640 м) характеризуют уровень олигоценовой планации. К ним приурочены коры выветривания с месторождениями бурых железняков, проявлениями золота. Выдвинута гипотеза, что морозное выветривание и горное оледенение в плейстоцене и голоцене являлись важнейшими факторами образования уплощенных вершин высоких горных хребтов и склонового террасирования. Полученные сведения необходимы при тектонических реконструкциях, геологическом картировании, поисках рудоносных кор выветривания, восстановлении истории развития западного склона Южного Урала.

Ключевые слова: поверхность выравнивания, педимент, педилен, гольцовая терраса, горное оледенение, Урал.

LEVELS OF PLANATION IN THE MOUNTAINOUS TERRAIN OF THE BASHKIR URALS BY THE EXAMPLE OF THE TUKAN AREA

N. V. Granovskaya

Southern Federal University, Rostov-on-Don

During the geomorphological studies in the mountainous part of Bashkortostan, new data were obtained on the existence of two denudation levels corresponding to the geomorphological cycles of the Urals development in the Paleogene and Neogene, as well as at least four levels of the high-altitude planation in the Quaternary period. Presumably, the Kaga structural-denudation depression, the hypsometric position of which is 540—560 m, corresponds to the level of Miocene planation, and the pediments and pediplains of the upper tier of the relief (with absolute marks of 600—640 m) characterize the level of Oligocene planation. They are confined to the weathering crust with brown iron ore, gold deposits. A hypothesis is advanced that frost weathering and mountain glaciation in the Pleistocene and Holocene were the most important factors for the formation of flat tops of high mountain ranges and slope terracing. The obtained information is necessary for tectonic reconstructions, geological mapping, searches for ore-bearing weathering crusts, restoration of the history of development of the western slope of the Southern Urals.

Keywords: leveling plane, pediment, pediplane, altiplanation terrace, mountain glaciation, Ural.

В рельефе горного Башкортостана распространены выровненные поверхности различного ранга, генезис которых активно обсуждался в середине и второй половине XX века. На первой геоморфологической карте Урала масштаба 1 : 500000, составленной в 1948 г. под редакцией Я. С. Эдельштейна и А. П. Сигова, были впервые реализованы идеи о развитии на Урале разновозрастных поверхностей выравнивания (ранне- и позднемезозойской, позднепалеогеновой и миоценовой). Расположение пенеппленов показывалось на геоморфологических картах Урала, созданных под редакциями И. П. Герасимова (1948), В. И. Матвеева и Н. Б. Малютина (1948), Н. П. Вербицкой (1965), Н. А. Сумкиной и Г. Д. Яхимовича (1966), К. В. Никифоровой, Н. А. Преображенского, А. П. Сигова (1969), Н. В. Башениной (1977), А. П. Сигова, В. С. Шуба (1981) и др.

Различные исследователи в горной части Урала насчитывали до семи уровней расположения поверхностей планации, но при этом по-разному трактовали их возраст и происхождение. Так, В. А. Варсанофьевой в 1932 г. была

предложена модель «предгорной лестницы», согласно которой ступенчатые склоны Уральских гор формировались за счет неравномерных поднятий в мезокайнозойское время [5]. К наиболее древним сохранившимся реликтам планации, отражающим мезозойский денудационный уровень, были отнесены уплощенные горные вершины, а формирование низких выровненных денудационных поверхностей датировалось третичным временем. Н. В. Башенина [1], С. Г. Боч и И. И. Краснов [2, 3] доказывали, что ступенчатые склоны и плоские вершины Уральских хребтов образовались не за счет многократных поднятий остатков пенеппенизированных поверхностей, а за счет морозного выветривания. По мнению этих авторов, уплощенные вершины высоких гор Урала формировались в четвертичное время, и они являются самыми молодыми элементами рельефа. Причём на склонах самых высоких гор сохранились реликты гольцовых террас, а не денудационных поверхностей планации.

Отмеченные исследования горного рельефа проводились в основном при геоморфологическом картировании

масштабов от 1 : 500000 и мельче. Детальные работы выполнялись преимущественно на Северном и Среднем Урале, на восточном склоне Южного Урала и на западном склоне Южного Урала, севернее г. Белорецка. Геоморфология и четвертичные образования горной части Башкортостана, включающей Туканскую площадь (рис. 1), долгое время оставались наименее изученными и базировались на корреляциях с равнинной территорией западного Урала.

Новые данные о рельефе, которые отражены в отчете по ГДП-200, были получены автором при создании геоморфологической карты Туканской площади масштаба 1 : 200000 (являющейся основой для карты четвертичных образований). На исследуемой площади, типичной для остаточных гор западного склона Южного Урала, были детально изучены «ступени» предгорной лестницы, к которым отнесены плоские вершины хребтов, площадки у их подножий, нагорные террасы на склонах гор, поверхности планации в межгорных понижениях. Сведения о морфологии и генезисе данных элементов необходимы при тектонических реконструкциях, геологическом картировании и определении перспективности рудоносной коры выветривания, восстановлении истории развития западного склона Южного Урала, а также для выделения новейших тектонических форм рельефа.

Методика и методология исследований

Методика наших исследований основывалась на морфогенетическом анализе рельефа и представлении об эволюции горной страны путём «педипленизации» [9, 11, 12, 21]. О том, что на изученной территории денудационное выравнивание происходит «сбоку», за счёт расширения межгорного пространства, свидетельствует преобладание остаточных горных хребтов с вогнутыми склонами, покрытыми обломочным чехлом, которые разрушаются относительно денудационного уровня, представленного педиментами у их подножий. Доказательством продолжающегося отступления склонов является наличие коренного уступа в их верхней части, отсутствие кор выветривания на уплощенных вершинах.

В основу составления геоморфологической карты Туканской площади положено картирование элементарных форм рельефа и анализ их гипсометрического положения, что способствовало выделению генетических геоморфологических категорий.

При исследовании гольцовых и неотектонических форм рельефа применялись методологические подходы, изложенные в работах С. Г. Боча, И. И. Краснова [3, 4], Н. В. Башениной [2], В. П. Философова [20], Н. И. Николаева [10]. Картирование речных террас проводилось по общепринятой для р. Белой нумерации (снизу вверх), соответствующей данным Н. П. Вербицкой [6]. Для построения геоморфологической карты Туканской площади использовались средне- и крупномасштабные топографические карты четвертичных образований, фондовая документация, полевые исследования, включающие построение геоморфологических профилей, литологическое изучение рыхлых отложений, анализ геологической ситуации.

Результаты исследований

В соответствии с геоморфологическим районированием Туканская площадь относится к *Горноуральской зоне*. Преобладает низкогорный рельеф *остаточных гор запад-*

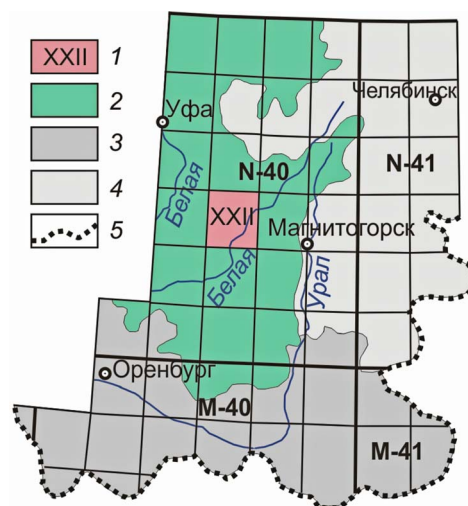


Рис. 1. Расположение Туканской площади в пределах листов Южно-Уральской серии: 1 — Туканская площадь; 2 — Республика Башкортостан; 3 — Оренбургская область; 4 — Челябинская область; 5 — граница Российской Федерации

Fig. 1. The layout of the Tukan area within the sheets of the South Ural series: 1 — Tukan area; 2 — Republic of Bashkortostan; 3 — Orenburg region; 4 — Chelyabinsk region; 5 — border of the Russian Federation

ного склона Южного Урала. Для площади типичны вытянутые в субмеридиональном направлении хребты с абсолютными отметками 680—900 м, разделенные широкими межгорными понижениями и речными долинами. Субизометричные Кракинские горы (абс. отм. до 800—1000 м) с крутыми коренными склонами, древовидным и радиальным рисунком речной системы относятся к *приподнятым горным массивам Южного Урала* (рис. 2).

Современная геоморфологическая поверхность исследуемой территории срезает дислоцированный рифейский и палеозойский субстраты и покрыта кайнозойскими рыхлыми образованиями (элювием, включающим кору выветривания сиалитного, ферритного типов, а также аллювием, коллювием, делювием, солифлюкционными отложениями, пролювием). Здесь выделяется структурный (тектоногенный), структурно-денудационный, денудационный и аккумулятивный рельеф. Одной из главных особенностей территории является связь рельефа с геологическими структурами и составом горных пород, которые определяют общую ориентировку и морфологию основных геоморфологических элементов.

В горной части Башкирского Урала преобладает структурно-денудационный и денудационный рельеф, который предопределен складчато-блоковой структурой Башкирского мегантиклинория и его обрамления и создан при параллельном отступлении склонов под действием комплекса денудационных процессов. Это остаточные горы и хребты, островные горы, межгорные понижения с реликтовыми поверхностями педипланации. Границы распространения структурно-денудационного рельефа совпадают с двумя крупными геологическими структурами Южного Урала — Зилайским синклиниорием и Башкирским антиклинорием.

Одним из главных проявлений денудационного рельефа являются широко развитые фрагменты поверхностей выравнивания. Две ступени обширных поверхностей

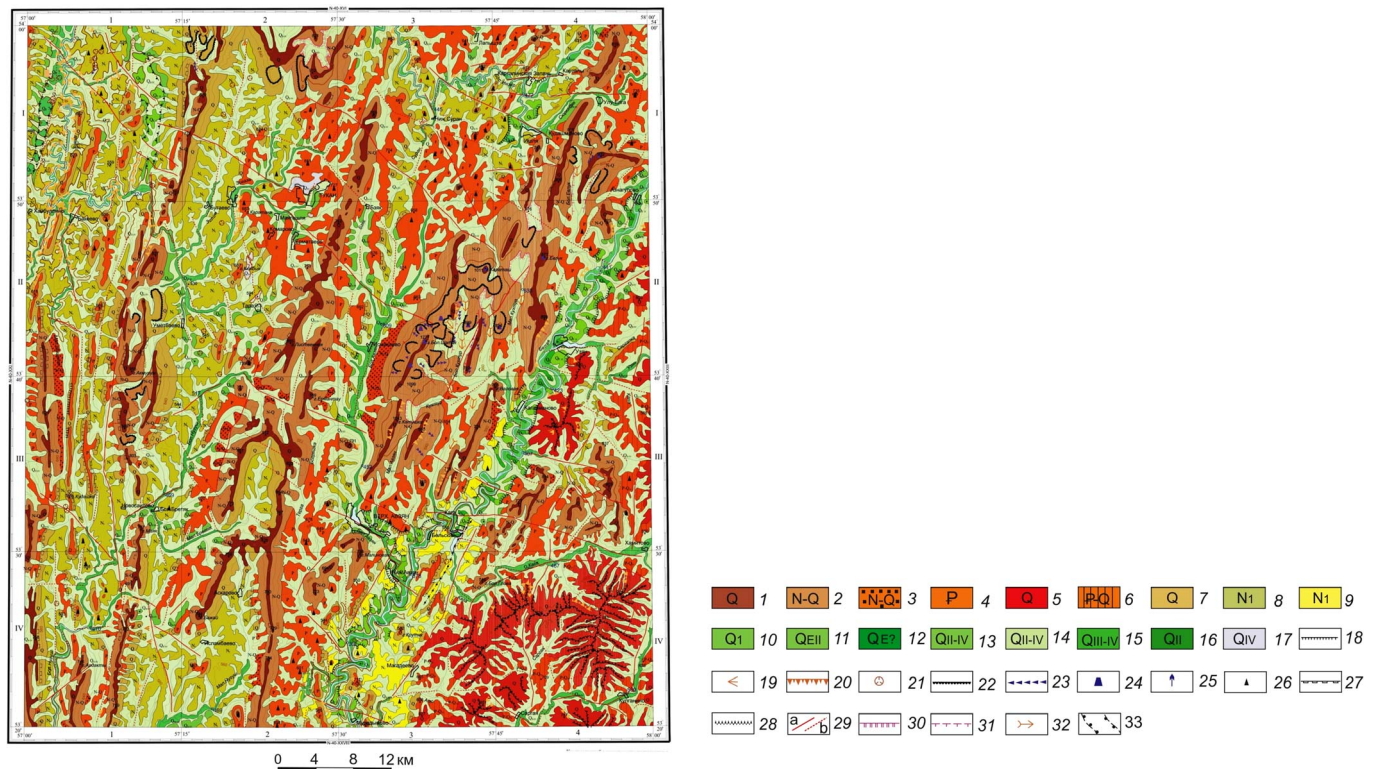


Рис. 2. Геоморфологическая карта Туканской площади:

Верхний ярус рельефа. Остаточные горы и межгорные понижения донеогенового возраста: 1 — пологовыпуклые привершинные поверхности остаточных хребтов и островных гор; 2 — склоны остаточных хребтов и островных гор; 3 — обломочные шлейфы у подножий склонов остаточных хребтов; 4 — фрагменты выровненных денудационных поверхностей (педиментов и педиленов) донеогенового возраста. **Приподнятые горные массивы:** 5 — крутые прямолинейные склоны и островершинные поверхности Кракинских гор, интенсивно расчлененные эрозионными врезами; 6 — приподнятые фрагменты донеогеновой поверхности Зилаирского педиplanation. **Средний ярус рельефа. Межгорные понижения неогенового возраста:** 7 — склоны межгорных понижений, 8 — фрагменты выровненных денудационных поверхностей (педиментов неогенового возраста); 9 — фрагменты поверхности Кагинской структурно-денудационной депрессии, VII аккумулятивной и эрозионно-аккумулятивной террасы р. Белой. **Высокие террасы, созданные боковой и глубиной эрозией рек:** 10 — фрагменты поверхности V эрозионной и эрозионно-аккумулятивной надпойменной террасы; 11 — фрагменты поверхности VI эрозионной и эрозионно-аккумулятивной надпойменной террасы; 12 — фрагменты выровненных эрозионных поверхностей неясного возраста в «отмерших» речных долинах. **Нижний ярус рельефа:** 13 — склоны речных долин; 14 — борта эрозионных врезов; 15 — днища речных долин (русло, пойма, низкие аккумулятивные террасы); 16 — фрагменты поверхностей эрозионных и эрозионно-аккумулятивных III и IV надпойменных террас. **Техногенный рельеф:** 17 — крупные карьеры и их отвалы. **Формы и элементы рельефа:** 18 — эрозионные уступы; 19 — конусы выноса; 20 — стенки обрывов, обвалов, осыпей; 21 — карстовые воронки; 22 — уступы нагорных террас; 23 — курумы; 24 — останцы морозного выветривания; 25 — ледниковые шрамы и борозды с признаками направления движения льда горного неоплейстоценового оледенения; 26 — останцы денудационные; 27 — уступы структурно-денудационные; 28 — отпрепарированные гребни и гряды из прочных пород; 29 — тектонические нарушения, активные в четвертичное время (а — достоверные, б — предполагаемые). **Элементы палеогеографии:** 30 — кары реликтовые; 31 — троговые долины реликтовые; 32 — предполагаемое направление стока ледниковых вод горного неоплейстоценового оледенения; 33 — погребенные речные долины

Fig. 2. Geomorphological map of the Tukan area:

The upper tier of the relief. Residual mountains and intermountain depressions of pre-neogene age: 1 — hollow convex surfaces of residual ridges and insular mountains; 2 — slopes of residual ridges and insular mountains; 3 — clastic accumulations at the foots of slopes of residual ridges; 4 — fragments of aligned denudation surfaces (pediments and pediplane) of preneogene age. **Raised mountains:** 5 — steep rectilinear slopes and peaked surfaces of the Kraka mountains, intensively dissected erosion; 6 — fragments preneogene raised surface of Zilairstepi plain. **The middle tier of the relief. Intermountain depressions of the Neogene age:** 7 — slopes of intermountain depressions, 8 — fragments of aligned denudation surfaces (Neogenepediments); 9 — fragments of the surface of Kaga structural-denudational depression, VII accumulative and erosive-accumulative terrace of the Belaya River. **High terraces created by lateral and deep erosion of rivers:** 10 — fragments of the surface of the V erosion and erosion-accumulative terrace; 11 — fragments of the surface of the VI erosion and erosion-accumulative terrace; 12 — fragments aligned erosional surfaces of unknown age in the «dead» river valleys. **The lower tier of the relief:** 13 — slopes of river valleys; 14 — sides of erosion cuts; 15 — bottoms of river valleys (bed, floodplain, low accumulative terraces); 16 — fragments of the surfaces of the erosion and erosion-accumulative III and IV terraces. **Technogene relief:** 17 — large quarries and their dumps. **Forms and elements of relief:** 18 — erosional scarps; 19 — cones of removal; 20 — walls of precipices, landslides, screes; 21 — karst funnels; 22 — scarps of upland terraces; 23 — screes; 24 — outliers of frost weathering; 25 — glacial scars and furrows with signs of the direction of ice movement of the mountainous Neopleistocene glaciation; 26 — denudation outliers; 27 — structural-denudation scarps; 28 — prepared crests and ridges of strong rocks; 29 — tectonic disturbances active in the Quaternary period (a — reliable, b — the alleged). **Elements of paleogeography:** 30 — relict kars; 31 — relict trough valleys; 32 — the expected direction of the runoff of the glacial waters of the mountain neopleistocene glaciation; 33 — buried river valleys

выравнивания отмечаются на уровнях среднего и верхнего ярусов в межгорных понижениях между остаточными хребтами (рис. 3). Их расположение в целом контролируется синклинальными структурами, глубинными разломами, локализацией глинистых и карбонатных пород, неустойчивых к разрушению.

Уровень денудационной планиции в среднем ярусе рельефа. В пределах геологической структуры Зилаирского синклинория в среднем ярусе рельефа хорошо прослеживается *Кагинская структурно-денудационная депрессия* (рис. 2, 4), заложенная в палеозойских карбонатных породах. Абсолютные отметки её дна на широте пос. Кага — 540–560 м, что на уровень (20–40 м) выше седьмой террасы р. Белой. Кагинская депрессия (котловина) имеет полузамкнутую форму, протяженность около 30 км и ширину до 5 км, вогнутые склоны, покрытые обломочным чехлом. Только в пределах Кагинской депрессии на исследуемой площади наблюдались реликты седьмой террасы, главным образом у её западного борта. Вероятно, в это время существовали лишь временные водотоки, а постоянные русла, судя по картируемым реликтам речных террас, появились лишь в плиоцене. Центр котловины располагался восточнее современного русла р. Белой, об этом можно судить по наклону реликтовых поверхностей дна котловины. Местами на этих поверхностях наблюдается крупная галька и валуны кварца, но в основном под маломощным слоем коричнево-бурых покровных суглинков и красно-бурых глин отмечаются красноцветные и пестроцветные продукты химического выветривания, включая каолиновые глины. По фондовым данным, представленным в геологическом отчете А. В. Клочихина (1969), на левобережье р. Белой у пос. Кага на данной поверхности в шурфе № 405 были вскрыты розово-желто-белые жирные глины со споро-пыльцевым комплексом, не противоречащим миоценовому возрасту осадков.

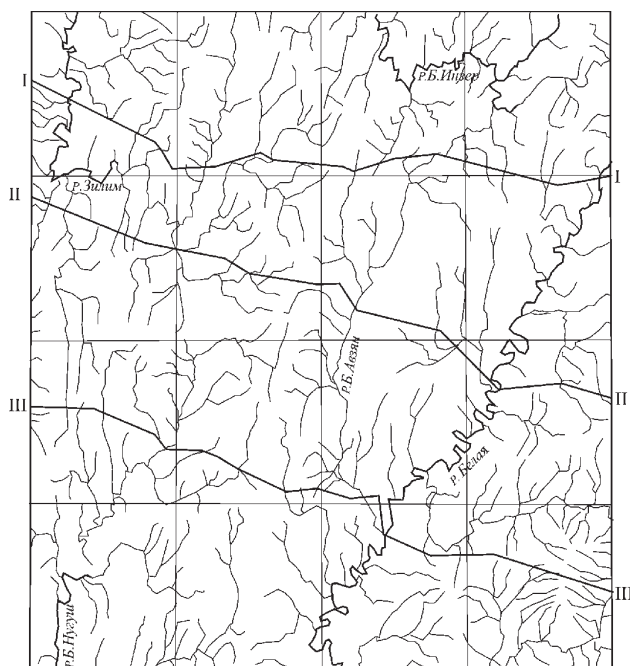


Рис. 3. Расположение топографических профилей на Туканской площади

Fig. 3. Location of topographic profiles on the Tukan area

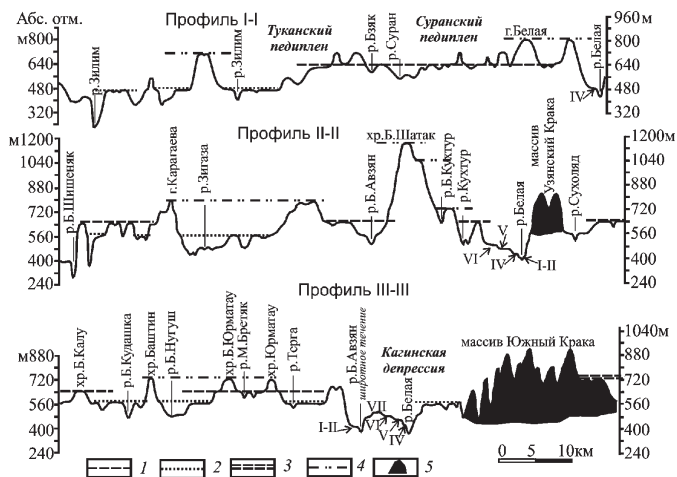


Рис. 4. Субширотные профили горной части Башкирского Урала (на примере Туканской площади): 1–3 — уровни денудационной планиции (1 — домиоценовый, 2 — неогеновый, 3 — домиоценовый, приподнятый в четвертичное время); 4 — уровни гольцово-платици; 5 — неотектонические поднятия ультрабазитовых массивов Крака; I–VII — террасы р. Белой

Fig. 4. Sublatitudinal profiles of the mountainous part of the Bashkir Urals (by the example of the Tukan area): 1–3 — levels of denudation planation (1 — Premiocene, 2 — Neogene, 3 — Premiocene, raised in the Quaternary time); 4 — levels of the sublatitudinal planation; 5 — neotectonic uplifts of the Kraka ultrabasic massifs; I–VII — Belaya River terraces

На близком гипсометрическом уровне расположены выровненные поверхности в межгорных понижениях среднего яруса рельефа, которые имеют наибольшее развитие на западе и юге площади (рис. 3, 4). Их очертания в плане унаследованы от выработанных межгорных понижений верхнего яруса рельефа, но они отличаются полузамкнутой формой, меньшей протяженностью (20–50 км) и шириной (2–10 км). Склоны таких понижений вогнутые, а их вершинными поверхностями являются низкие плоские водоразделы и выровненные поверхности верхнего яруса рельефа.

Педименты среднего яруса наблюдаются в виде слабо-наклоненных скатов преимущественно на гипсометрическом уровне около 540–560 м, а для северо-западной и южной частей площади этот уровень ниже (до 480 м). Они занимают промежуточную ступень между поверхностью выравнивания верхнего яруса и седьмой террасой р. Белой. Поверхности денудационной планиции среднего яруса повсеместно расчленены речной и овражно-балочной сетью. На педиментах распространены красноцветный хемогенный элювий, красно-бурые делювиальные глины и суглинки. Местами сохраняются денудационные останцы. Там, где выровненные поверхности сложены карбонатными породами, широко развиты карстовые воронки.

Уровень денудационной планиции в верхнем ярусе рельефа. Наиболее древний сохранившийся базис денудации характеризуют формы рельефа, созданные при параллельном отступании склонов высоких хребтов. К ним относятся *педименты и педилены верхнего яруса*, расположенные на абсолютных отметках 600–640 м.

Педименты представлены широкими выровненными скатами, которые прослеживаются от основания склонов остаточных хребтов к межгорным понижениям сред-



него яруса. Грядово-линейное расположение хребтов с согласным простираемостью склонов совпадает в плане с геологическими структурами Башкирского антиклинария и его обрамления, а вершины хребтов приурочены к наиболее устойчивым к выветриванию породам, обычно кварцевым песчаникам и алеволитам. Вогнутый профиль склонов таких хребтов, коренной уступ у вершины и педименты у подошвы свидетельствуют об отступании склона на себя.

Педиплены сохранились в виде реликтов и представлены широкими (10–15 км), протяженными (более 20–25 км) платообразными возвышенностями (Туканский, Суранский, Зилаирский педиплены). Они на ступень выше педиментов среднего яруса и являются реликтами днищ более древних межгорных понижений, образованных при слиянии педиментов противоположных склонов высоких хребтов. В пределах данных реликтовых поверхностей педипланиации наблюдаются денудационные останцы, островные горы, эрозионные ложбины.

Характерной особенностью педиментов и педипленов верхнего яруса Туканской площади является развитие кор химического выветривания, что позволяет отнести их к «фиксированным» поверхностям рельефа. К ним приурочены месторождения бурых железняков и минеральных пигментов Зигазино-Комаровского района, золотоносные коры выветривания [7, 8]. Элювиальные и делювиальные образования, которые отмечались на самых древних выровненных денудационных поверхностях, представлены пестроцветными и бело-желтыми глинами, щебнем, дресвой выветрелых местных пород. Характерно каолиново-гидрослюдистое выветривание. Подобные отложения широко развиты на площади, особенно в районах Туканского, Суранского педиплена. Их мощность обычно составляет первые метры (реже 6–7 м). Но линейные, в том числе ферритные коры, могут распространяться на глубины до 300 м.

В западной части площади реликты поверхности до-неогеновых межгорных понижений сохранились в виде низких водоразделов, вытянутых цепочками шириной 0.2–1 км. Они прослеживаются между хребтом Зильмердак и р. Зилим, хребтами Ардакты и Калу, Бол. Калу и Баштин. Их абсолютные отметки (600–640 м) — такие же, как на педиментах, прилегающих к склонам высоких хребтов, что свидетельствует о существовании здесь ранее единой поверхности выравнивания, занимавшей пространство между высокими остаточными хребтами. С учетом общей истории континентального развития и климата данной территории [13–18] возможно, что сохранившиеся в верхнем ярусе поверхности денудационной планировки формировались в палеогене, но были унаследованы от мезозойских педипленов.

Так, по данным А. П. Сигова [18], на Урале в мезозое и кайнозое выделяется шесть тектоно-климатических этапов, среди которых только раннемезозойский, поздне-мезозойский, олигоценый и миоценовый характеризуются развитием химического выветривания. Согласно этой схеме педименты среднего яруса Туканской площади наиболее соответствуют миоценовому этапу, а педименты и педиплены верхнего яруса — олигоценному этапу (по А. П. Сигову [18] — «незавершённый в развитии пенепплен»). Отсутствие остаточных латеритных кор на исследованных выровненных поверхностях свидетельствует о том, что более древние уровни планировки в горном рельефе Туканской площади не сохранены.

Помимо двух описанных поверхностей выравнивания, фиксируемых корами выветривания, на склонах самых высоких хребтов Туканской площади локально наблюдаются выровненные площадки, которые имеют признаки нивального рельефа.

Нивальная планиция. О возможном существовании небольших ледников на отдельных вершинах высоких хребтов в ледниковые эпохи в центральных районах Ю. Урала указывалось В. Л. Яхимович и др. [1]. Наиболее представительны нивальные формы на хребте Большой Шатак, который и до четвертичных холодных эпох был самым высоким горным сооружением на Туканской площади. Свидетельством вероятного горного оледенения на Шатакском хребте в неоплейстоцене являются реликтовые нагорные террасы, троговые долины, кары, борозды и шрамы на отполированных поверхностях скалистых останцов в районе хр. Куюшты, состав и огромные мощности (до 80 м) грубообломочных образований, вскрытых скважинами на восточном склоне хр. Бол. Шатак, нижняя часть которых с полуокатанными обломками может являться остатками морены горного оледенения.

На всех склонах хр. Большой Шатак, кроме южного, на высотах около 1230–1240 м наблюдаются современные морозобойные террасы. Террасы покрыты «каменными многоугольниками», глыбовыми россыпями. Они окружают скальные останцы, примером которых является современная вершина г. Большой Шатак (1271 м). На большем протяжении хребта Большой Шатак останцы разрушены, а нагорные террасы противоположных склонов соединены. За счёт этого образована уплощенная вершинная поверхность. Верхние нагорные террасы имеют коренные уступы высотой до 3–5 м, которые после резкого перегиба склона сменяются более низкими площадками — реликтовыми гольцовыми террасами, поверхность которых задернована, покрыта мелкозёмом с глыбовыми обломками местных пород.

Отнесение нагорных террас к нивальным, а не структурным формам подтверждается следующими наблюдениями. Они развиты на самых различных по устойчивости породах: сланцах, песчаниках, конгломератах, базальтах. Не контролируются геологическими структурами, тектоническими факторами, структурными особенностями залегания коренных пород, характером трещин отдельности. Одна и та же терраса может пересекать контакты различных пород (долериты, конгломераты, песчаники), причем отдельные твёрдые породы образуют скальные останцы, выступающие над общей поверхностью. Такие террасы не развиты в средних и низких зонах рельефа. Экспозиция склонов не оказывает влияния на развитие нагорных террас. Расположение террас симметрично на противоположных склонах, независимо от общего падения слоистых пород, что хорошо прослеживается на широтном профиле хр. Бол. Шатак (рис. 5). Это может быть следствием существования единого гипсометрического уровня снеговой границы на всей территории, выше которого начинались морозобойные процессы. Причем таких уровней было несколько в связи с меняющимся климатом в четвертичное время.

Высокие реликтовые нагорные террасы шириной несколько сот метров, протяженностью первые километры установлены на уровне урочища Кукак Залавок (отметки 1000–1400 м). Более древний уровень гольцовой планировки характеризуют террасы с гипсометрическим уровнем около 920 м (урочище Исаев Залавок). Поверх-



Рис. 5. Нагорные террасы на поперечном профиле хребта Большой Шатак

Fig. 5. Altiplanation terraces on the transverse profile of the Bol'shoy Shatak ridge

ность урочищ покрыта лесом, мелкозёмом с глыбовыми обломками, наклонена в сторону склона, характерны скальные останцы в поперечнике до первых десятков метров, высотой 5–15 м. Данные террасы имеют скальные уступы высотой до 25 м, ниже которых наблюдаются курмунки, глыбовые осыпи, каменные реки, а на удалении от уступа на залесённом склоне — глыбовые обломки, покрытые мхом.

К низким гольцовым плато относится выровненная поверхность, оконтуренная горизонталью 880 м на северной экспозиции хребта Большой Шатак. Здесь наблюдаются скальные останцы, иногда довольно крупных размеров, до 1 км в поперечнике, например г. Караташ (с абсолютной отметкой 1011 м).

На гипсометрических уровнях гольцовых террас Шатакских гор расположены плоские вершины других остаточных гор и хребтов территории: гор Евлук, Белая, Мал. Юмашка, Бол. Юмашка, Широкая Шишка, Лиственная, хребтов Бол. Карагас, Баштин. Здесь, как и на гольцовых поверхностях хр. Бол. Шатак, наблюдаются не древние коры выветривания, а молодые глыбовые россыпи, коренные останцы. На близких высотах локализованы нагорные террасы остаточных гор Карсарташ, Бол. Калты, Акмурум.

Все эти факты согласуются с наблюдениями, сделанными Л. Н. Тюлиной [19] на горе Иремель, и подтверждают возможность неоднократных нивальных планаций высокогорной зоны Башкирского Урала, соответствующих основным эпохам четвертичных оледенений.

Выводы

На примере Туканской площади установлено, что в горной части Башкирского Урала на разных гипсометрических уровнях рельефа сохранено несколько выровненных поверхностей, предположительно отличающихся возрастом и генезисом.

Два уровня денудационной планации, вероятно, соответствуют геоморфологическим циклам развития Урала в палеогене и неогене.

Выведено предположение, что четвертичные похолодания и горные оледенения способствовали формированию не менее четырёх уровней гольцовой планации, которые проявлены в виде нагорных террас и плоских вершин остаточных гор и хребтов.

Древний денудационный уровень, относительно которого происходило разрушение остаточных гор в мезозое, не сохранился, так как на территории не обнаружено соответствующих поверхностей, которые фиксируются

зрелыми корами выветривания. Но при эволюционном развитии межгорных понижений и разрушении остаточных хребтов раннекайнозойские педиплены унаследовали места локализации более древних денудационных поверхностей планации.

Литература

1. *Антропоген Южного Урала* / Под ред. В. Л. Яхимович. М.: Наука, 1965. 290 с.
2. *Башенина Н. В.* Происхождение рельефа Южного Урала. М.: ОГИЗ-ГЕОГРАФИЗ, 1948. 232 с.
3. *Боч С. Г., Краснов И. И.* О нагорных террасах и древних поверхностях выравнивания на Урале и связанных с ними проблемах // Изв. Всесоюз. геогр. о-ва. 1943. Т. 75, вып. 1. С. 14–25.
4. *Боч С. Г., Краснов И. И.* О происхождении ярусности рельефа Урала // Изв. АН СССР. Сер. Геол. 1951. № 1. С. 81–85.
5. *Варсановьева В. А.* Геоморфологические наблюдения на Северном Урале // Изв. Геогр. об-ва. 1932. Т. 64, вып. 2–3. С. 105–171.
6. *Вербицкая Н. П.* Особенности строения и история развития речных долин западного склона Южного Урала // Материалы по четвертичной геологии и геоморфологии СССР к VI конгрессу INQUA. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 239–269.
7. *Грановская Н. В.* Геоморфологический фактор прогноза золотоносных кор выветривания на западном склоне Башкирского Урала // Руды и металлы. 2005. № 6. С. 45–54.
8. *Грановская Н. В., Кочергин А. В., Грановский А. Г., Ларионов Н. Н.* Прогнозные факторы пигментного оруденения на примере Зигазино-Комаровского железорудного района (Южный Урал) // Отечественная геология. 2010. № 6. С. 12–18.
9. *Марков К. К.* Основные проблемы геоморфологии. М.: ОГИЗ-ГЕОГРАФИЗ, 1948. 343 с.
10. *Николаев Н. И.* Неотектоника и её выражение в структуре и рельефе территории СССР. М.: Гос. научн.-техн. изд-во лит-ры по геологии и охране недр, 1962. 392 с.
11. *Пенк В.* Морфологический анализ. Москва: Гос. изд-во географ. лит-ры, 1961. 360 с.
12. *Пиотровский М. В.* Проблемы формирования педиментов // Проблемы поверхностей выравнивания. М.: Наука, 1964. С. 50–65.
13. *Рождественский А. П., Зинягина И. К.* Развитие рельефа Южного Урала в кайнозое. Палеогеновый период:



Препр. / РАН. Уфимский НЦ. Ин-т геологии. Уфа, 1994. 44 с.

14. Рожественский А. П., Зиняхина И. К. Развитие рельефа Южного Урала в кайнозое. Неогеновый период: Препр. / РАН. Уфимский НЦ. Ин-т геологии. Уфа, 1997. 45 с.

15. Рыцев А. М., Фаткуллин Р. А., Абдрахманов Р. Ф. Мезокайнозойские коры выветривания Южного Урала // Геологический сборник № 8. Информационные материалы. Уфа: ИГ УНЦ РАН, Дизайн Полиграф Сервис, 2009. С.154—159.

16. Сигов А. П. Металлогения мезозоя и кайнозоя Урала. М.: Недра, 1969. 296 с.

17. Сигов А. П. Основные эпохи корообразования Урала и их металлогения // Коры выветривания Урала: Сб. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1969. С. 13—20.

18. Сигов А. П. Условия образования полезных ископаемых и металлогенические эпохи мезозоя и кайнозоя Урала / Материалы по геоморфологии Урала, вып. 2. М.: Недра, 1971. С. 117—126.

19. Тюлина Л. Н. О явлениях, связанных с почвенной мерзлотой и морозным выветриванием на горе Иремель (Южный Урал) // Изв. Рус. геогр. общ-ва. 1931. Т. 43, вып. 2—3. С. 124—144.

20. Филоффов В. П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур. Саратов: Изд. Саратовского ун-та, 1960. 94 с.

21. King L. C. The Morphology of the Earth. A Study and Synthesis of World Scenery. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1962. 799 p. (Пер.: Кинг Л. Морфология Земли: изучение и синтез сведений о рельефе Земли. М.: Прогресс, 1967. 559 с.)

References

1. *Antropogen Yuzhnogo Urala* (Anthropogene of South Urals). Ed. V. L. Yahimovich. Moscow: Nauka, 1965, 290 pp.

2. Bashenina N. V. *Proishozhdenie relefa Yuzhnogo Urala* (Genesis of South Ural relief). Moscow: OGIZ-GEOGRAF-GIZ, 1948, 232 pp.

3. Boch S. G., Krasnov I. I. *O nagornykh terrasakh i drevnykh poverhnostyakh vyravnivaniya na Urale i svyazannykh s nimi problemakh* (Mountain terraces and old denudation planes in the Urals and related problems). Geographical Society, 1943, V. 75, 1, pp. 14—25.

4. Boch S. G., Krasnov I. I. *O proishozhdenii yarusnosti relefa Urala* (Genesis of tiers in Urals). AS USSR, Geol., 1951, No. 1, pp. 81—85.

5. Varsanofeva V. A. *Geomorfologicheskie nablyudeniya na Severnom Urale* (Geomorphological survey in the Northern Urals). Geographical Society, 1932, V. 64, 2—3, pp. 105—171.

6. Verbitskaya N. P. *Osobennosti stroeniya i istoriya razvitiya rechnykh dolin zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala* (Features of structure and history of development of river plains of western slope of South Urals). Proceedings of conference. Moscow: AS SSSR, 1961, pp. 239—269.

7. Granovskaya N. V. *Geomorfologicheskii faktor prognoza zolotonosnykh kor vyvetrivaniya na zapadnom sklone Bashkirskogo Urala* (Geomorphological factor of prediction for gold-bearing weathering crusts on western slope of Bashkir Urals). *Rudy i metally*, 2005, No. 6, pp. 45—54.

8. Granovskaya N. V., Kochergin A. V., Granovskii A. G., Larionov N. N. *Prognoznye faktory pigmentnogo orudneniya na primere Zigazino-Komarovskogo zhelezorudnogo raiona (Yuzhnyi Ural)* (Prognosis factors of pigment ore content on example of Zigazino-Komarovsky ore region). *Otechestvennaya geologiya*, 2010, No. 6, pp. 12—18.

9. Markov K. K. *Osnovnye problemy geomorfologii* (Main problems of geomorphology). Moscow: OGIZ-GEOGRAF-GIZ, 1948, 343 pp.

10. Nikolaev N. I. *Neotektonika i ee vyrazhenie v strukture i relefe territorii SSSR* (Neotectonics and its expression in structure and relief of USSR). Moscow: State publishing house for geology, 1962, 392 pp.

11. Penk V. *Morfologicheskii analiz* (Morphological analysis). Moscow: State publishing house of geological literature, 1961, 360 pp.

12. Piotrovskii M. V. *Problemy formirovaniya pedimentov* (Pediment formation problems). *Problemy poverhnosti vyravnivaniya* (Problems of denudation plains). Moscow: Nauka, 1964, pp. 50—65.

13. Rozhdestvenskii A. P., Zinyahina I. K. *Razvitie relefa Yuzhnogo Urala v kainozoe. Paleogenovyi period* (Development of relief of South Urals in Cenozoic. Paleogenic: Preprint), RAS, Ufa SC, Institute of geology, Ufa, 1994, 44 pp.

14. Rozhdestvenskii A. P., Zinyahina I. K. *Razvitie relefa Yuzhnogo Urala v kainozoe. Paleogenovyi period* (Development of relief of South Urals in Cenozoic. Paleogenic: Preprint), RAS, Ufa SC, Institute of geology, Ufa, 1997. 45 s.

15. Rytsev A. M., Fatkulkin R. A., Abdrahmanov R. F. *Mezo-kainozoiskie kory vyvetrivaniya Yuzhnogo Urala* (Mesozoic-Cenozoic weathering crusts of South Urals). Geological collection No. 8. Ufa: Institute of geology, DizainPoligrafServis, 2009, pp.154—159.

16. Sigov A. P. *Metallogeniya mezozoya i kainozoya Urala* (Metallogeny of Ural Mesozoic and Cenozoic). Moscow: Nedra, 1969, 296 pp.

17. Sigov A. P. *Osnovnye epohi koroobrazovaniya Urala i ih metallogeniya: sb. «Kory vyvetrivaniya Urala»* (Main epochs of crust formation of Urals and their metallogeny: collection Ural weathering crusts). Saratov: Saratov University, 1969, pp. 13—20.

18. Sigov A. P. *Usloviya obrazovaniya poleznykh iskopaemykh i metallogenicheskie epohi mezozoya i kainozoya Urala* (Formation conditions of minerals and metallogenic epochs of Mesozoic and Cenozoic in the Urals). Materials for Ural geomorphology, No.2. Moscow: Nedra, 1971, pp. 117—126.

19. Tyulina L. N. *O yavleniyah, svyazannykh s pochvennoi merzlotoi i moroznym vyvetrivaniem na gore Iremel' (Yuzhnyi Ural)* (About phenomena related to permafrost and frost weathering in Iremel Mt.) Geographical Society, 1931, V. 43, 2-3, pp. 124—144.

20. Filozofov V. P. *Kratkoe rukovodstvo po morfometricheskomu metodu poiskov tektonicheskikh struktur* (Brief guide for morphometric method of search for tectonic structures). Saratov: Saratov University, 1960, 94 pp.

21. King L. C. The Morphology of the Earth. A Study and Synthesis of World Scenery. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1962. 799 p. (Translation into Russian. Moscow: Progress, 1967, 559 pp.)

НАХОДКА САМОРОДНОГО АУТИГЕННОГО ЗОЛОТА НА НОВОБОБРОВСКОМ РЕДКОМЕТАЛЛЬНО-РЕДКОЗЕМЕЛЬНОМ РУДНОМ ПОЛЕ (ЧЕТЛАСКИЙ КАМЕНЬ, СРЕДНИЙ ТИМАН)

Ю. В. Глухов, О. В. Удоратина, В. Н. Филиппов, С. И. Исаенко

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН; Glukhov@geo.komisc.ru

Впервые приводится минералогическая характеристика мелкого самородного золота из руд редкометалльно-редкоземельного Новобобровского месторождения. Изучение золота проводилось при использовании микрозондовой техники и спектроскопии комбинационного рассеяния. Обнаруженное в руде золото (угловатая уплощённая частица с размерами $0.3 \times 0.2 \times 0.1$ мм) характеризовалось повышенными содержаниями серебра (16—31 мас. % Ag), плавно увеличивающимися к периферии. На поверхности и на срезах золота обнаружены минералы рудной ассоциации — гётит, монацит и кварц. Данные минералы являются типичными для руд Новобобровского месторождения. Установленные уровни концентрирования содержания примесных элементов в монаците — церия, неодима, лантана, празеодима, самария (доминируют: церий — около двух десятков мас. % Ce_2O_3 и неодим — первый десяток мас. % Nd_2O_3), тория (6—8 мас. % ThO_2), стронция (2—3 мас. % SrO) — идентичны химическим составам монацитов данного месторождения.

Ключевые слова: самородное золото, торийсодержащий Се-монацит, гидротермальные рудные жилы, редкометалльно-редкоземельное Новобобровское месторождение, Средний Тиман.

FINDING OF AUTHIGENOUS NATIVE GOLD IN NOVOBOBROVSKOE RARE-METAL AND RARE-EARTH DEPOSIT (CHETLASSKY KAMEN, MIDDLE TIMAN)

Yu. V. Glukhov, O. V. Udotatina, V. N. Filippov, S. I. Isaenko

Institute of Geology Komi SC UB RAS, Syktyvkar

For the first time the mineralogical characteristics of fine native gold from ores of Novobobrovskoe rare-metal and rare earth deposit are presented. We studied the gold using microprobe technique and Raman spectroscopy. The gold finding in the ore (angular particle with dimensions $0.3 \times 0.2 \times 0.1$ mm) is characterized by increased concentrations of silver (16—31 wt. % Ag), gradually increased to the periphery. Minerals of ore associations, gothite, monazite and quartz, were found on the surface of gold cuts by means of electron microprobe analysis and Raman spectroscopy. These minerals are typical for the ores of Novobobrovskoe deposit. Determined levels of concentration of impurity elements in monazite — cerium, neodymium, lanthanum, praseodymium, samarium (dominants: cerium — close to two tens wt. % Ce_2O_3 and neodymium — first ten wt. % Nd_2O_3), thorium (6—8 wt. % ThO_2) and strontium (2—3 wt. % SrO) are identical for chemical contents of monazites of this deposit.

Keywords: Native gold, thorium-bearing Ce-monazite, hydrothermal ore veins, Novobobrovskoe rare-metal and rare earth deposit, Middle Timan.

Введение

Самородное золото широко отмечается в древних и молодых фанерозойских отложениях Тимана [3, 5, 6]. Крупное золото встречается только на выступах докембрийского метаморфизованного фундамента (например, на Кывожской площади), мелкое и тонкое аллотигенное золото характерно для его обрамления, где оно локализовано в аллювиальных и пролювиальных кварцевых псефитах осадочного чехла. Сведений о коренных источниках золота на Тимане на сегодня крайне мало. Их обнаружение представляет собой задачу, решение которой важно для понимания металлогенических процессов Тимана. Перспективность на коренное золото большого числа объектов в этом регионе основывалась, как правило, на данных валового химического опробования и при повторной заверке нередко не подтверждалась [6]. Находки самородных выделений золота непосредственно в рудах ввиду необычайной редкости представляют особый интерес. В данной работе мы приводим результаты изучения золота, обнаруженного в рудах из кварц-гематит-гётитовой

жилы Новобобровского редкометалльно-редкоземельного месторождения.

Объект исследования

Руды Новобобровского рудного поля вскрыты горными выработками на правобережье долины р. Бобровой (Четласский Камень, Средний Тиман). Рудные зоны пространственно приурочены к тектоническим нарушениям северо-восточного простирания, развитым в рифейских слабометаморфизованных осадочных отложениях четлаской серии, прорванных породами ультраосновного дайкового комплекса, входящего в состав четлаской серии.

В рудном поле распространены измененные щелочные пикриты четлаского комплекса, метасоматически измененные породы — фенитизированные (альбитизированные, калишпатизированные и эгиринизированные) метапесчаники позднерифейских светлинской и новобобровской свит четлаской серии, а также породы жильного комплекса, представленные гидротермально-метасоматическими жилами и прожилками кварц-гётит-полево-

шпатового и кварц-гётит-гематитового состава, в зальбандовых частях которых и в фенитизированных метапесчаных сконцентрированы рудные минералы.

В состав рудных минералов фенитов и жильного комплекса входят колумбит, пирохлор, Th-монациты, Ce-, Nd-монациты и ксенотимы, REE-карбонаты, фтор- и гидрокарбонаты, алланиты; циркон, торит, ториянит, фосфосиликаты тория, Mn-ильменит, рутил, лейкоксен и другие [7].

Типичными минералами гидротермальных жил являются кварц, альбит, калиевый полевой шпат, мусковит, карбонат, турмалин, эгирин, К-амфибол, апатит, оксиды и гидроксиды железа. Кварц характеризуется различной степенью зернистости, прозрачности и насыщенности включений минералов. Исходный флюид газовой-жидких включений был гетерогенный. В большинстве случаев их состав водно-углекислотный, реже водно-солевой и углекислотный.

Единственная частица золота была обнаружена в протолке пробы (Гба/15; масса ~ 3–5 кг), отобранной в магистральной канаве на Новобобровском месторождении, вскрывающей по простиранию главную протяжённую и мощную (до 2 м) гидротермальную жилу, сложенную кварцем различной окраски с гётит-гематитом в центральной части и полевошпат-карбонатной оторочкой.

Методы

Исследования проводились в ЦКП «Геонаука» Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Микрозондовые — на растровом электронном микроскопе Tescan VEGA 3 LMN с энергодисперсионным спектрометром INCA Energy 450

и приставкой EBSD (напряжение — 20 kV, углеродное напыление препаратов). В процессе препарирования было изготовлено два полированных среза золотины. Спектроскопия комбинационного рассеяния (КР) проводилась на спектрометре LabRam HR800 (Horiba, Jobin Yvon). Условия регистрации спектров: внешний Ar⁺ лазер ($I_{\text{возб}} = 514.5$ нм), решётка спектрометра — 600 ш/мм, щель спектрометра — 100 мкм, конфокальное отверстие 100–200 мкм (размер анализируемой области образца ~ 1–1.5 мкм), время накопления сигнала 3 сек (3–20 итераций), мощность лазера — 1.2 мВт (гётит) и 60 мВт (монацит). Спектры КР гётита получены на свежеспиленных препаратах, спектры КР монацита — на препаратах, напылённых углеродом.

Результаты исследования

Золото. Размер золотины $0.3 \times 0.2 \times 0.1$ мм. Гранулометрически частица относится к классу мелкого золота. Морфологически золотины представляют собой уплощённую неокатанную угловатую (ангедральную) частицу характерного «свежего» рудного облика с сохранившимися ростовыми поверхностями (рис. 1, а).

При больших увеличениях под электронным микроскопом видны ступенчатые участки индукционной поверхности и отпечатки граней минералов (рис. 1, с). Поверхность золотины имеет следы растворения и местами неровная. При этом в целом она монолитная, не пористая. Визуально поверхность золотины примерно на треть покрыта коркоподобными пятнами коричневого цвета. По данным микрозондового анализа и спектроскопии комбинационного рассеяния, эти налёты представлены главным образом гётитом (рис. 1, b).

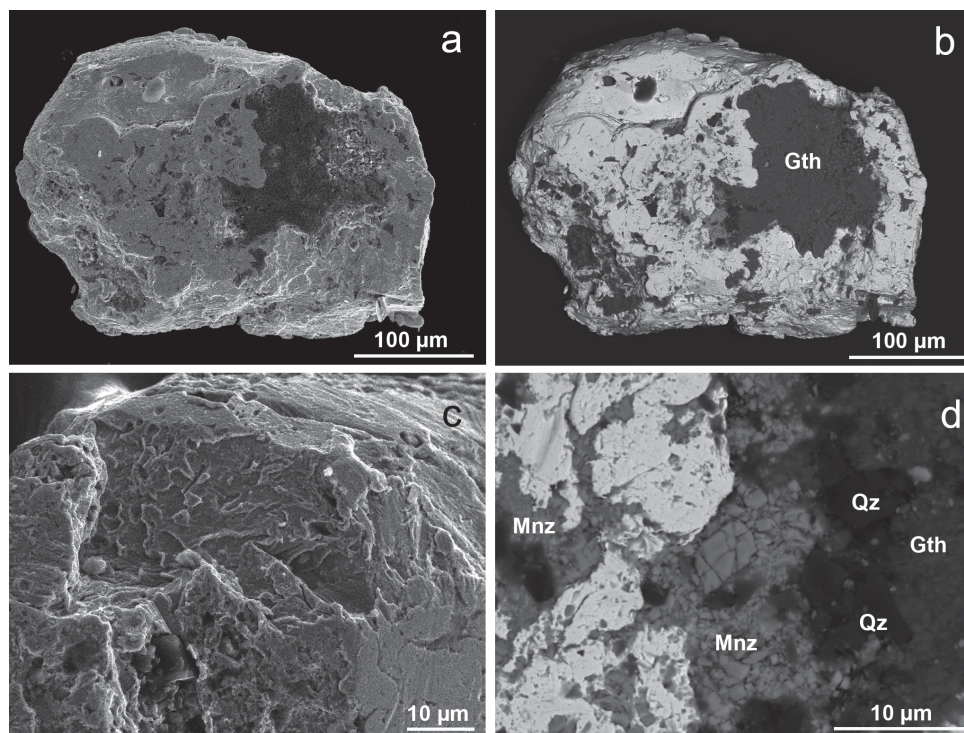


Рис. 1. Угловатое уплощённое самородное золото из руд редкометалльно-редкоземельного Новобобровского месторождения: а — общий вид; b, d — выделения минералов рудной ассоциации (Gth — гётит, Mnz — монацит, Qz — кварц); c — отпечатки поверхностей рудных минералов. Tescan VEGA 3 LMN: a, c — вторичные электроны; b, d — обратнорассеянные электроны

Fig. 1. Angular flattened native gold from ores of rare- and rare earth metallic Novobobrovskoe deposit: a — general view; b, d — depositions minerals of ore associations (Gth — goethite, Mnz — monazite, Qz — quartz); c — surface imprints of ore minerals. Tescan VEGA 3 LMN mode: a, c — secondary electrons; b, d — back-scattered electrons

В режиме контраста атомной плотности сканирующего электронного микроскопа на поверхности золотины помимо гётита хорошо различимы ещё два минерала рудной ассоциации, которые находятся в сростании с гётитом и друг с другом (рис. 1, d). Фаза с наименьшей плотностью (на снимке — чёрное) — кварц. На поверхности золотины видно несколько угловатых выделений этого минерала размером в несколько микрон. Вторая фаза с атомной плотностью меньшей, чем у золота, но большей, чем у гётита (на снимке — серое), — монацит.

Строение частицы золота в целом однородное. Серебро — основная примесь в золоте. Распределение серебра неравномерное (рис. 2, c, d). Общий диапазон варьирования содержаний золота простирается от 17 до 31 мас. % Ag (табл. 1).

Наименьшие содержания серебра характерны для центральной части (ядра), где локализовано номенклатурно умеренно высокопробное золото, или золото средней пробы (согласно классификации ЦНИГРИ это диапазон 899—800 ‰) [4]. В направлении к краям золотины концентрации серебра плавно увеличиваются, достигая максимума в её периферии, что примерно в 2 раза больше по уровню концентрирования серебра, чем в ядре золотины. Металлический сплав в этом случае можно охарактеризовать как относительно низкопробное золото (диапазон пробности — 799—700 ‰). Ещё один состав оказался даже в группе низкопробного золота (диапазон пробности — 699—600 ‰). Средняя пробность золота находится на границе между умеренно высокопробным и относительно низкопробным золотом.

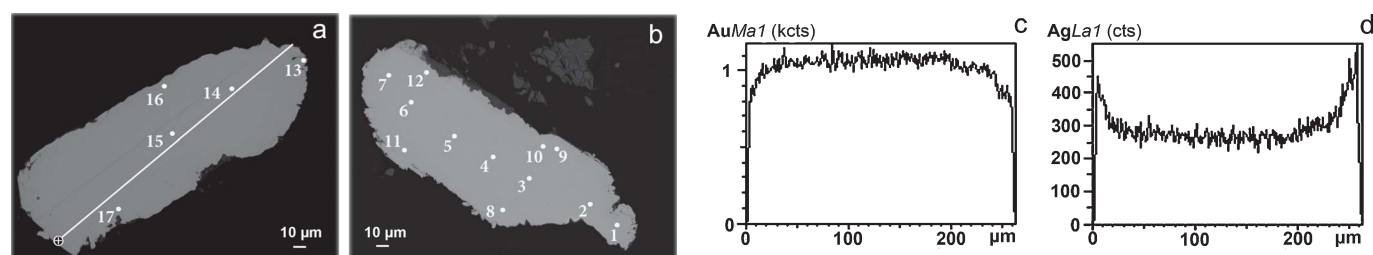


Рис. 2. Точки микрозондового анализа на пришлифованной поверхности золота: а — срез-2, б — срез-1. Распределение элементов по профилю: с — золото, d — серебро

Fig. 2. Points of microprobe analyses on polished surface of gold: a — cut-2, b — cut-1. Distribution of elements on profile: c — gold, d — silver

Таблица 1. Состав золота Новобобровского месторождения (данные микрозондового анализа), мас. %

Table 1. Contents of gold of Novobobrovskoe deposit (data of microprobe analyses), wt. %

Проба Probe	Au	Ag	Сумма Sum	Пробность Fineness
Срез-1 / cut-1				
1	24.86	74.61	99.47	750
2	18.09	82.82	100.91	821
3	17.10	83.23	100.33	830
4	16.90	82.86	99.76	831
5	16.83	84.13	100.96	833
6	18.66	82.87	101.53	816
7	20.49	78.24	98.73	792
8	18.51	81.24	99.75	814
9	18.33	82.39	100.72	818
10	18.76	77.54	96.30	805
11	25.21	75.51	100.72	750
12	19.68	80.46	100.14	803
Срез-2 / cut-2				
13	30.94	68.34	99.28	688
14	17.14	82.96	100.10	829
15	16.88	82.22	99.10	830
16	26.41	72.72	99.13	734
17	27.24	68.30	95.54	715

Примечание. Точки пробоанализа показаны на рис. 2, а, б.

Note. Microprobe points are displayed on Fig. 2, a, b.

При микрозондовом анализе в золоте нередко фиксировались следовые количества палладия и меди. Значения концентраций во всех примерах находились за пределами доверительного интервала ($\pm 2\sigma$) и нуждаются в проверке с применением микрозондового анализа на волновом спектрометре.

Минералы рудной ассоциации (монацит, кварц, гётит).

Монацит представлен локальными бесформенными обильно-трещиноватыми выделениями на поверхности золота, обрамляющими его ровные участки и заполняющие имеющиеся отрицательные формы микрорельефа — впадины, каверны, микротрещины и т. п. (рис. 1, d). Размеры выделений монацита изменяются в диапазоне от нескольких единиц до нескольких десятков микрометров.

Для монацита характерны несколько меньшие в среднем по размеру агрегатные вроски угловатых ангдральных частиц кварца, варьирующие по размеру от единиц до первых десятков микрометров. У монацита и кварца наблюдаются тесные парагенные структурные взаимоотношения. На рис. 1, b, d в центре справа расположено крупное агрегатное пятно, где коркообразный гётит частично перекрывает выделения монацита с вросками кварца. На полированных препаратах взаимоотношения между золотом и минералами рудной ассоциации видны ещё более отчётливо (рис. 3). Судя по изображениям электронного микроскопа, золото, монацит и кварц — минералы единого рудного парагенезиса, кристаллизовавшиеся субсинхронно и впоследствии обрамлённые гётитом.

В химическом составе монацита церий является преобладающим элементом-катионом (около двух десятков мас. % Ce_2O_3) (табл. 2). Следующими по уровню содержаний среди элементов-лантаноидов являются неодим, лантан и празеодим (первый десяток мас. % Nd_2O_3 , а также единицы мас. %

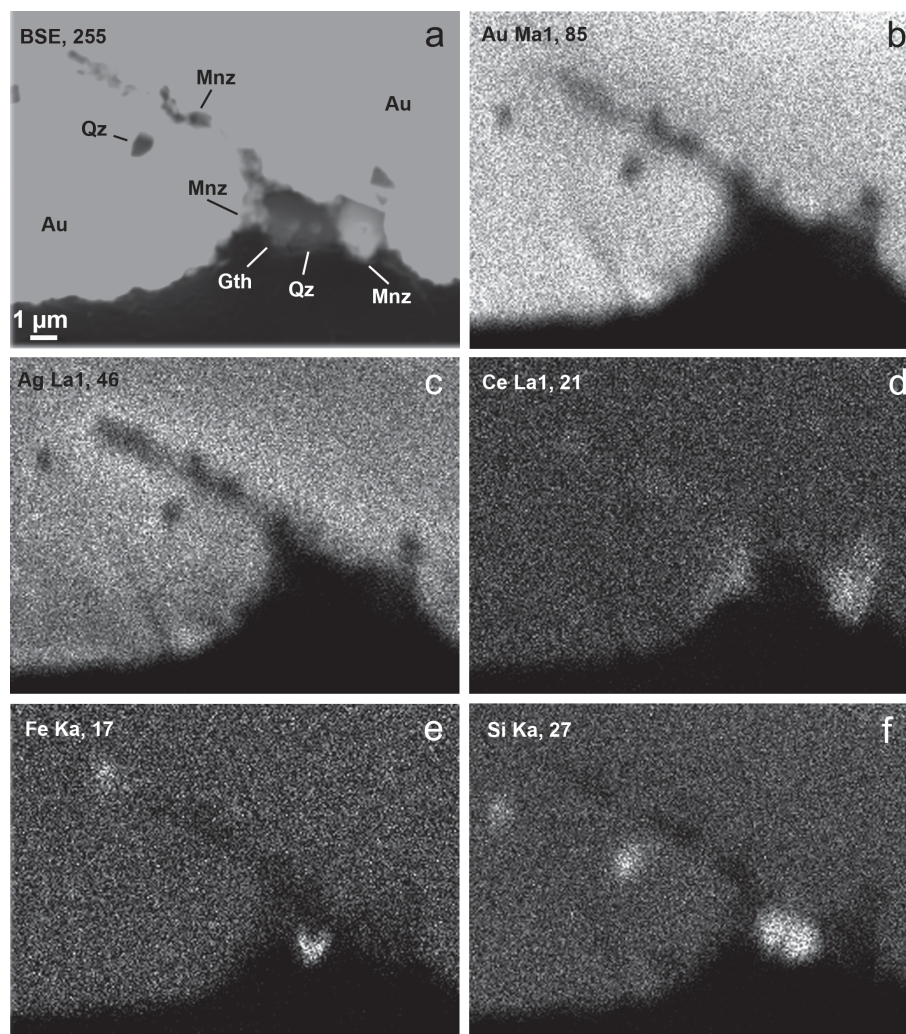


Рис. 3. Рудные включения и распределения элементов-примесей в золоте. Tescan VEGA 3 LMN: обратнорассеянные электроны (a); характеристическое излучение — золото (b), серебро (c), церий (d), железо (e), кремний (f)

Fig. 3. Inclusions of ore minerals and distributions of impurity elements in the gold. Modes of Tescan VEGA 3 LMN: back-scattered electrons (a); characteristic radiation — gold (b), silver (c), cerium (d), ferrum (e), silicium (f)

Таблица 2. Состав монацитов Новобобровского месторождения (данные микрозондового анализа), мас. %

Table 2. Contents of monazites of Novobobrovskoe deposit (data of microprobe analyses), wt. %

Проба Probe	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	ThO ₂	CaO	SrO	Fe ₂ O ₃	Au ₂ O ₃	Ag ₂ O	P ₂ O ₅	SiO ₂	Сумма Sum
1	6.64	21.93	3.36	11.00	—	6.03	0.29	2.34	0.23*	4.25**	1.22**	19.6	3.58*	80.47
2	7.46	23.35	3.21	11.36	1.22	7.54	0.44	2.66	—	5.9**	0.21**	20.3	2.16*	85.81

Примечание. « — » — отсутствие данных; « * » — содержание элемента предположительно связано с присутствием посторонних минеральных фаз в зоне анализа, « ** » — содержание элемента, относящееся к золотосеребряному сплаву. Жирным выделены значения, выходящие за пределы доверительного интервала ($\pm 2\sigma$).

Note. « — » — absence of data, « * » — concentrations of element presumably relate with presence of extrinsic mineral phases in the zone of the analyses, « ** » — concentrations of element, having relation to the gold-silver alloy. Bold font — off-analysis values that fall outside confidential interval ($\pm 2\sigma$).

La₂O₃ и Pr₂O₃ соответственно). На границе микрозондовой чувствительности зафиксировано присутствие самария (около 1 мас. % Sm₂O₃). Для монацита оказалось характерным повышенное содержание тория (6—8 мас. % ThO₂). Специфической особенностью состава является присутствие небольшого количества стронция (2—3 мас. % SrO). Отмеча-

ются следовые содержания кальция (десятые доли мас. % CaO). Практически у всех составов монацитов наблюдался дефицит суммы анализов, который воспроизводился также и при использовании другой микрозондовой аппаратуры. В спектре комбинационного рассеяния монацита (рис. 4) помимо пиков, принадлежащих минералу (412, 462, 967, 1059

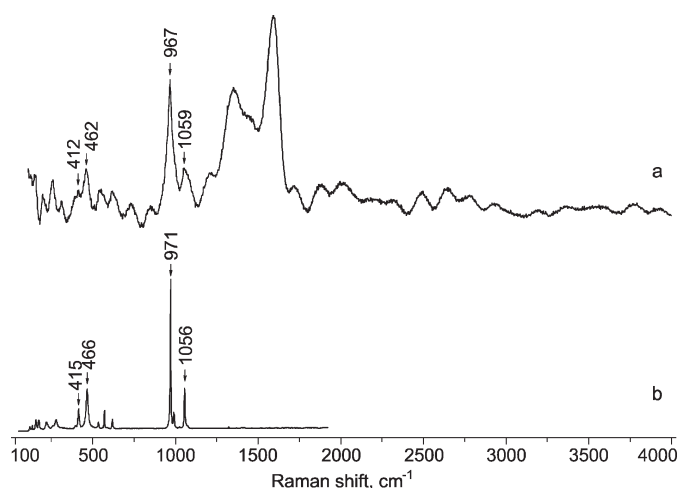


Рис. 4. Спектры комбинационного рассеяния монацита: а — сросток с золотом (Новобобровское месторождение), б — спектр из базы данных

Fig. 4. Raman spectra of monazite: a — aggregation with gold (Novobobrovskoe deposit), b — etalon spectrum from data-base

cm^{-1}), присутствуют колебательные моды, обусловленные присутствием углеродсодержащего вещества. К сожалению, препараты к моменту регистрации спектров КР монацита поступили уже после микросондового анализа, где применялось напыление углеродом.

Монациты идентичны по своему химическому составу монацитам, изученным в этой пробе (Гба/15) и на этом месторождении, особенностью является резкое преобладание в составе церия, высокое содержание неодима и постоянное присутствие тория [7, 8].

Гётит ($\alpha\text{-FeOON}$) диагностирован при помощи спектроскопии комбинационного рассеяния (рис. 5). Характерные для минерала зарегистрированные относительно интенсивные линии спектров КР — 301, 386, 552, 684 cm^{-1} . В общем спектре гётита в высокочастотной области выделяется уширенный относительно интенсивный компонент (1306 cm^{-1}), которого нет в спектрах эталонов. Схожий пик (1303 cm^{-1}), по данным работы [9], имеется в другом структурном полиморфе — лепидокроките ($\gamma\text{-FeOON}$). В этой же работе появление данной полосы объясняется возможным образованием гематита (как результат дегидратации гётита) под воздействием высокоэнергетичного пучка лазера.

Обсуждение результатов

Полученные результаты указывают на то, что изученное самородное золото, извлечённое из руд кварцевой жилы редкометалльно-редкоземельного Новобобровского месторождения, является аутигенным золотом, сформировавшимся *in situ*, не имеющим признаков пребывания в механических потоках. Для золота оказались характерными повышенные содержания серебра (низкая пробность), обычное для рудного золота неоднородное распределение серебра с увеличением концентраций к периферии. Обнаруженные на поверхности и на срезах золота минералы — монацит, кварц, гётит — являются типичными минералами жильного комплекса, развитого на Новобобровском рудном поле. Цериевый максимум в спектре лантаноидов в составе монацита, его повышенная ториевость и присутствие стронция также весьма характерны для этого минерала из

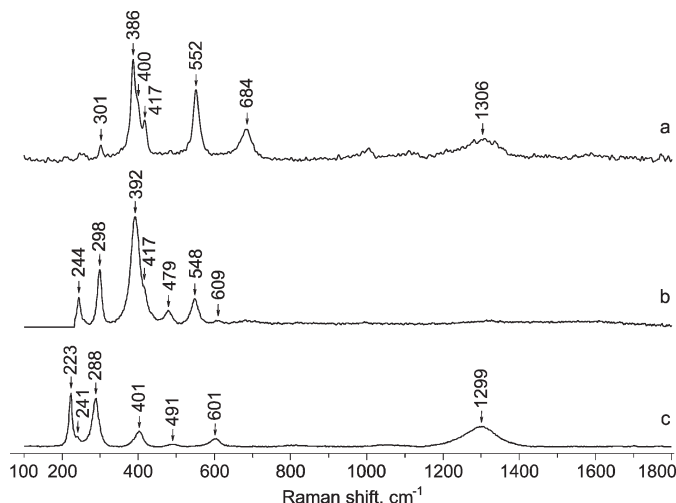


Рис. 5. Спектры комбинационного рассеяния гётита: а — сросток с золотом (Новобобровское месторождение); спектры из базы данных: б — гётит, с — гематит

Fig. 5. Raman spectra of gothite: a — aggregation with gold (Novobobrovskoe deposit); etalon spectra from data-base: b — gothite, c — hematite

руд Новобобровского рудного поля. Одна из возможных причин обнаруженного дефицита суммы в составах монацита при микросондовом анализе — естественная региональная импрегнация минералов углеводородами, которую мы ранее обнаруживали в монацитах (в том числе в куларидах), в золоте и эпигенных каймах хромшпинелей из золото-алмаз-редкометалльного Ичетьюского россыпного поля Среднего Тимана [1], в скопления которого поступали акцессорные минералы из рудных месторождений того же самого формационного ряда. Обнаруженный нами в рудах Новобобровского месторождения тип серебросодержащего золота, генетически связанного с щелочными метасоматитами, богатыми редкоземельными и редкими металлами (в особенности ниобием и торием), согласуется со сведениями об общей повышенной золотоносности этих руд [5, 6]. В отношении объектов сравнения для данного типа золотоносного оруденения уместно упомянуть результаты работы Г. П. Дворника [2], которые показали, что золотоносность характерна для калиевых щелочных метасоматитов. Последние приурочены обычно к зонам тектономагматической активизации (рифтогенеза) земной коры с различными типами её строения (платформы, щиты и консолидированные складчатые области).

Выводы

Кварцевые жилы с гематитом и гётитом редкометалльно-редкоземельного Новобобровского месторождения содержат самородное серебросодержащее золото мелких классов крупности. Для данного типа оруденения целесообразно проведение детального минералогического изучения минерального золоторудного парагенезиса. Золото из подобных редкометалльно-редкоземельных объектов, имеющих достаточно широкое распространение на Среднем Тимане, очевидно, попадает в механические потоки и может встречаться в россыпях.

Исследования выполнены при частичной финансовой поддержке проекта УрО РАН № 15-18-5-46 «Минерагения севера Урала и Тимана в связи с закономерностями их геологического развития, основные эпохи рудообразования».



Литература

1. Глухов Ю. В., Макеев Б. А., Варламов Д. А., Шевчук С. С., Исаенко С. И. Хромшпинелиды с цинксодержащими эпигенетическими каймами из девонских конглобрекчиевых горизонтов россыпей проявления Ичетью (Средний Тиман) // Литосфера. 2015. № 2. С. 103—120.
2. Дворник Г. П. Метасоматизм и золотопорфировое оруденение калиевых щелочных массивов: Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. Томск, 2016. 45 с.
3. Майорова Т. П. Минералогия и типоморфизм золота кайнозойских россыпей севера Урала и Тимана // Руды и металлы. 1996. № 4. С. 45—55.
4. Методика разведки россыпей золота и платиноидов // Под ред. И. Б. Флерова и В. И. Куторгина. М.: ЦНИГРИ, 1992. 288 с.
5. Плякин А. М., Ершова О. В. Золото Тимана. История открытия и изучения // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2012. № 12. С. 20—22.
6. Тиманский кряж. В 2 т. / Ред.-сост.: Л. П. Шилов, А. М. Плякин, В. И. Алексеев. Т. 1. История, география, жизнь: монография. Ухта: УГТУ, 2010. 339 с.
7. Удоратина О. В., Варламов Д. А., Капитанова В. А. Рудная минерализация кварцевых жил Новобобровского месторождения, Средний Тиман: новые данные // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения — 2016): Мат.-лы мин. семинара с межд. участием. Сыктывкар. ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2016. С. 257—258.
8. Удоратина О. В., Вирюс А. А., Козырева И. В., Швецова И. В., Капитанова В. А. Возраст монацитов жильной серии четласского комплекса (Средний Тиман): Th-U-Pb-данные // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2015. № 3. С. 23—29.
9. De Faria D. L. A., Venencio Silva S., de Oliveira M. T. Raman microspectroscopy of some iron oxides and oxyhydroxides // Journal of Raman Spectroscopy, 1997. Vol. 28, № 11. P. 873—878.
10. izontov rossypeproyavleniya Ichet'yu (Srednij Timan) (Chrom-spinelides with zinc-bearing epigene rims from Devonian conglobreccia horizons of Ichetyu placer-like occurrence (Middle Timan)). Litosfera, 2015, No. 2, pp. 103—120.
11. Dvornik G. P. Metasomatizm i zolotoporfirovoye orudenenie kalievyyh shchelochnyh massivov (Metasomatizm of gold-porphyrific ore mineralization of potassic alkaline massifs. Extended abstracts of dissertation of Doctor of Geological and Mineralogical Sciences. Tomsk, 2016, 45 p.
12. Mayorova T. P. Mineralogiya i tipomorfizm zolota kajnozoijskih rossypej Severa Urala i Timana (Mineralogy and Typomorphism of Gold in Cenozoic Placers of the Northern Urals and Timan). Rudy i metally (Ores and Metals), 1996, No. 4, pp. 45—55.
13. Metodika razvedki rossypey zolota i platinoidov (Exploration technique of placers with gold and platinum-group metals). Ed. I. B. Flyorov, V. I. Kutorgina. Moscow: TsNIGRI, 1992, 288 p.
14. Plyakin A. M., Ershova O.V. Zoloto Timana. Istoriya otkrytiya i izucheniya (Timan Gold. The history of the discovery and study). Vestnik IG Komi SC UB RAS, No. 12, pp. 20—22.
15. Timanskiy kryazh (Timan ridge). Two-volume book. Compiling editors: L. P. Shilov, A. M. Plyakin, V. I. Alekseev. V. 1. Istoriya geografiya, zhizn monografiya (History, geography, practice: monography). Ukhta: UGTU, 2010, 339 p.
16. Udoratina O. V., Varlamov D. A., Kapitanova V. A. Rudnaya mineralizatsiya kvartsevyh zhil Novobobrovskogo mestorozhdeniya, Srednij Timan: novye dannye (Ore mineralization of quartz veins of the Novobobrovsky deposit, Middle Timan: new data). Current problems of theoretical, experimental and applied mineralogy (Yushkin Readings—2016). Syktyvkar. Institute of geology Komi SC UB RAS, 2016, pp. 257—258.
17. Udoratina O. V., Viryus A. A., Kozyreva I. V., Shvetsova I. V., Kapitanova V. A. Vozrast monatsitov zhil'noj serii chetlasskogo kompleksa (Srednij Timan): Th-U-Pb dannye (Th-U-Pb-age of monazite vein series of Chetlassky complex (Middle Timan). Vestnik IG Komi SC UB RAS, 2015, No. 3, pp. 23—29.
18. De Faria D. L. A., Venencio Silva S., de Oliveira M. T. Raman microspectroscopy of some iron oxides and oxyhydroxides. Journal of Raman Spectroscopy, 1997, V. 28, No. 11, pp. 873—878.

References

1. Glukhov Yu. V., Makeev B. A., Varlamov D. A., Shevchuk S. S., Isaenko S. I. *Hromshpinelidy s tsinkosoderzhashchimi ehpieneticheskimi kajmami iz devonskih konglobrekchievyh gor-*

НОВЫЕ ДАННЫЕ О U-Pb-ВОЗРАСТЕ И СОСТАВЕ ЦИРКОНА (SHRIMP-II, SIMS) ИЗ ПОЛИМИНЕРАЛЬНОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ ИЧЕТЬЮ (СРЕДНИЙ ТИМАН)

А. Б. Макеев¹, А. О. Красоткина², С. Г. Скублов^{3, 2}

¹Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ РАН), Москва
abmakeev@igem.ru

²Горный университет, Санкт-Петербург

³Институт геологии и геохронологии докембрия (ИГГД РАН), Санкт-Петербург

Впервые проведено локальное датирование и определен состав REE (U-Pb-метод, SHRIMP-II и SIMS) циркона из конглобрекчиевого пласта проявления Ичетью. Установлен широкий разброс значений возраста в интервале от 3283 до 706 млн лет. Среди циркона установлены высокоиттриевые и низкоиттриевые разновидности, содержание иттрия коррелирует с тяжелыми редкоземельными элементами и фосфором. Эти данные согласуются с результатами исследования возраста циркона, выделенного из нижележащих титановых руд Пижемского месторождения. Результаты исследования свидетельствуют о едином источнике циркона двух промышленных объектов, при этом циркон мог поступать из разных по глубине горизонтов нижележащего кристаллического фундамента.

Ключевые слова: циркон, U-Pb-возраст, редкоэлементный состав, рудопроявление Ичетью, Средний Тиман.

NEW DATA ON U-Pb-AGE AND GEOCHEMISTRY OF ZIRCON (SHRIMP-II, SIMS) FROM ICHETU OCCURRENCE (MIDDLE TIMAN)

A. B. Makeev¹, A. O. Krasotkina², S. G. Skublov^{3, 2}

¹IGEM RAS, Moscow

²Mining University, St. Petersburg

³IPGG RAS, St. Petersburg

For the first time zircons from conglomerate-breccia bed of the Ichetu occurrence were analyzed with local dating (U-Pb-method, SHRIMP-II and SIMS). The wide range of age values within the interval from 3283 to 706 Ma was determined. The high-yttrium and mid-yttrium varieties were marked among zircons, yttrium contents correlate with heavy rare earth elements and phosphorus. The obtained material corresponds to the dating results and geochemistry of zircons selected from underlying titanium ores of Pizhemsкое deposit. This fact proves a single zircon source for both industrial sites. In addition zircon could originate from different depth levels of underlying crystal basement.

Keywords: zircon, U-Pb-age, trace element composition, Ichetu occurrence, Middle Timan.

Введение

Широко известные на Среднем Тимане (Республика Коми) Пижемское месторождение титана и полиминеральное проявление Ичетью обещают быть крайне востребованными как в отношении гигантских ресурсов титана и кварцевых песчаников стекольного качества, так и в возможном расширении перечня перспективных полезных компонентов (редкие металлы — иттрий, цирконий, ниобий, редкоземельные элементы, алмазы и др.). Стоит отметить, что прогнозные ресурсы (P₁-P₂) циркона в полиминеральном проявлении Ичетью составляют 600 т, а в нижерасположенном Пижемском циркон-титановом месторождении ~ 1 млн т (по данным Ухтинской ГРЭ). Несмотря на то, что оба объекта на протяжении последних лет являются предметом поисково-оценочных и разносторонних преимущественно технологических и минералого-геохимических исследований, по-прежнему проблема генезиса и связанная с ней проблема возраста оруденения являются открытыми.

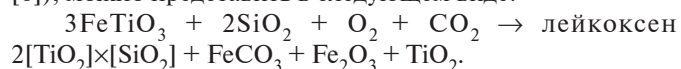
Начало изучению геологического строения севера Русской платформы, Тиманского кряжа и Печорского

Урала было положено в 1840—1841 гг. работами экспедиции Р. Мурчисона, Э. Вернейля и А. Кайзерлинга. По результатам этих работ в 1849 г. была составлена первая геологическая карта, отражающая главные структурные элементы Северо-Запада России (на карту впервые нанесен Тиманский кряж). Первые систематические геолого-разведочные работы в регионе были проведены в 50-х годах прошлого века в связи с алмазоносностью Среднего Тимана. Впервые в 1958 г. Ф. Ф. Патрикеевым был поднят вопрос о постановке специальных работ по поискам титановых россыпей, т. к. район среднего течения р. Печорской Пижмы считался перспективным в этом отношении. В 1959—60 гг. Ухтинская экспедиция [14] проводила специальные поисково-опробовательские работы на выявление титановых россыпей в бассейне рек Южного и Среднего Тимана. В результате этих работ летом 1960 г. было обнаружено два рудопроявления на правом берегу р. Умбы и на р. Печорская Пижма. Ухтинской ГРЭ в 1963—1965 гг. инициированы поисковые работы с бурением в пределах Пижемской депрессии под руководством И. С. Сидоровой и Н. И. Матюхина, в результате которых было уста-



новлено широкое распространение титаносных пород на площади примерно 90 км², в дальнейшем толща получила название малоручейской свиты и условно отнесена к среднему девону. В 1996—2002 гг. в результате геолого-разведочных и опытно-эксплуатационных работ в пределах Пижемского месторождения (рис. 1) была оценена уникальность [8] и подсчитаны прогнозные ресурсы золото-алмаз-полиминерального проявления Ичетью.

С 2009 г. в пределах Пижемской депрессии поисково-оценочные работы ведет ЗАО «РУСТИТАН», получившее лицензию на Верхнепижемский участок Пижемского месторождения на площади 35 км². Изучение керн 67 поисковых скважин и более 30 пробуренных ранее скважин не подтверждает ритмичного пятичленного строения толщи, предложенного И. С. Сидоровой. В настоящее время принято подразделять малоручейскую свиту на три толщи (рис. 1, 2): верхнюю (mr³), среднюю (mr²) и нижнюю (mr¹). Общая мощность свиты варьирует от 20 до 120 м, увеличиваясь на север и восток. Верхняя и средняя толщи — сероцветные слабосцементированные песчаники. Нижняя толща, самая мощная и крепко сцементированная, сложена переслаиванием лейкоксен-кварцевых песчаников, алевролитов, аргиллитоподобных глин и гравелитов в её основании. Цемент руд представлен сидеритом (рис. 2, а, б), гематитом (рис. 2, д), каолинитом и серицитом. Содержание TiO₂ в рудных песчаниках варьирует от 2 до 13.5 %. Титановые минералы представлены рядом эволюционирующих фаз от ильменита через Fe-рутил, «псевдо-рутила» к лейкоксену (эта фаза состоит из сагенитовой решетки рутила с вкраплениями кварца) до игольчатого чистого рутила [6]. Содержание кварца в пижемском лейкоксене изменяется от 15 до 30 %. Соотношение в руде титановых минералов и фаз установлено по данным мессбауэровской спектроскопии. Впервые достоверно установлено соотношение лейкоксена и магнитных титановых минералов (~ 5 : 3 в коллективном концентрате), а также соотношение «псевдо-рутила» к Fe-рутилу и ильмениту ~ 20 : 6 : 4 в магнитном концентрате [10]. Схематическую реакцию преобразования ильменита в лейкоксен, проходящую при высокой температуре (510 ± 35) °C (данные расчета по титан-циркониевому геотермометру [6]), можно представить в следующем виде:



Проблема генезиса

На ранних этапах исследования титановых месторождений Тимана была высказана гипотеза о россыпной природе Пижемского и Ярегского месторождений [2, 3 и др.]. Затем В. Г. Колокольниковым [4] была предложена альтернативная полигенетическая модель для Ярегского месторождения, по которой на первично-осадочные породы накладывается гидротермально-метасоматическое титановое оруденение. При этом источник рудного вещества автор видит в нижележащих рифейских сланцах.

В последнее время установлено множество фактов, доказывающих несостоятельность россыпной точки зрения [5—10]. Среди них стоит отметить: отсутствие латеральной и фациальной зональности для рудной малоручейской толщи, которая распространена локально (6×18 км) на севере Вольско-Вымской гряды на площади 90 км², образуя Пижемскую депрессию; отсутствие классического разреза коры выветривания рифейских сланцев (которые предполагались коренным источником лейко-

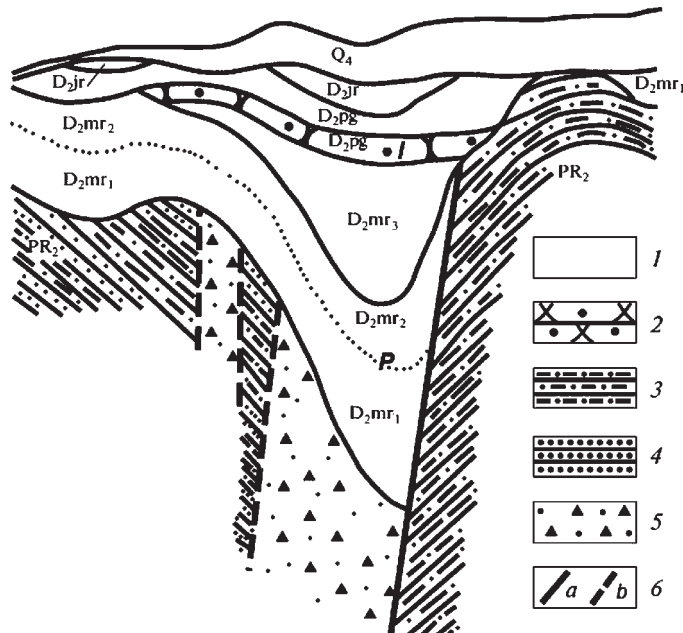


Рис. 1. Геологический разрез через девонские отложения Среднего Тимана [11, 13]. Масштабы: горизонтальный 1 : 10000, вертикальный 1 : 2000. Условные обозначения: 1 — девонские и четвертичные песчаники, пески, алевролиты и глины; 2 — металлоносные конглобрекции D₂pg проявления Ичетью, мощность горизонта дается вне масштаба, чтобы показать место проявления в разрезе; 3 — сланцы кварц-мусковит-каолинит-хлоритовые; 4 — алевролиты кварц-мусковит-хлоритовые; 5 — рыхлые тектонические брекчии, представленные алевропсаммитовым материалом пород рифея с щебнем и дресвой этих же пород; 6 — разломы: а — установленные, б — предполагаемые. Значками на разрезе отмечено положение проявления Ичетью (I) и Пижемского месторождения (P)

Fig. 1. Geological section through Devonian sediments of Middle Timan region [11, 13]. Scales: horizontal 1 : 10000, vertical 1 : 2000. Symbols: 1 — Devonian and Quaternary sandstone, sand, siltstone, and clay; 2 — metalliferous conglobreccia D₂pz of the Ichetu occurrence; 3 — quartz-muscovite-kaolinite-chlorite schist; 4 — quartz muscovite chlorite siltstone; 5 — loose tectonic breccias represented by aleuropsammitic material of the Riphean rocks with detritus and gruss of the same rocks; 6 — proved (a) and inferred (b) faults. Icons on the section is marked the Ichetu occurrence (I) and the Pizhemy deposit (P)

ксена); несоответствие уровня содержания Ti в породах рифейского фундамента и в руде Пижемского месторождения, исключающее аккумуляцию Ti в таких масштабах при образовании коры выветривания по сланцам. Из минералогических критериев следует упомянуть остроугольность и неокатанность кварца в песчаниках Пижемского месторождения (рис. 2); игольчатую форму новообразованного рутила (рис. 2, б), исключающую его россыпное происхождение; признаки гидротермального образования сидерита in situ (многочисленные секущие прожилки (рис. 2, а) мощностью 1—2 мм). Изотопный состав углерода сидерита пижемских руд такой же, как углерода алмаза проявления Ичетью [1, 11], — из этого следует, что углерод сидерита глубинного генезиса, а не корового осадочного происхождения. По мнению авторов, Пижемское циркон-титановое месторождение и полиминеральное проявление Ичетью имеют эндогенное происхождение, а именно фреатомагматическое. Пижемское месторождение по форме

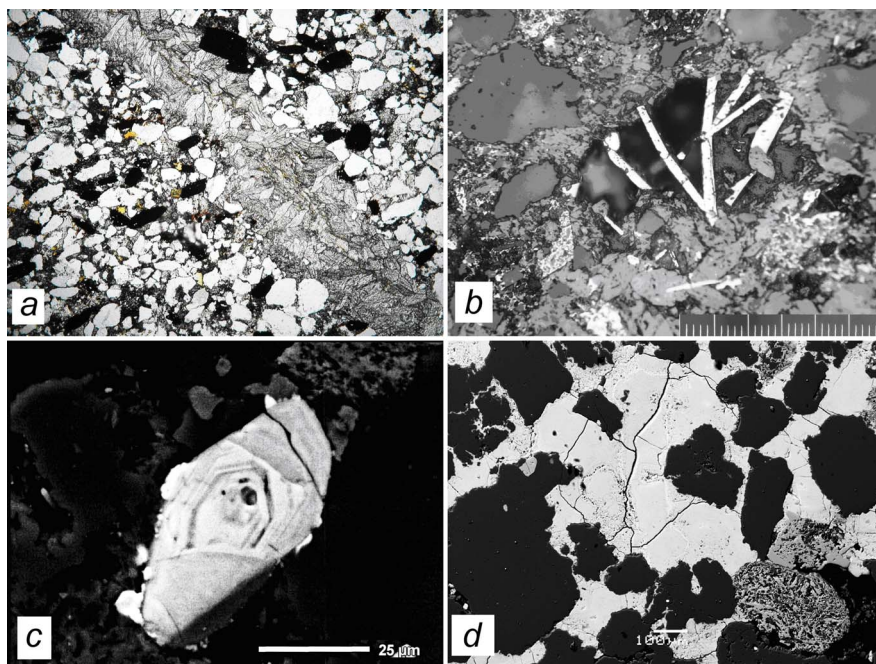


Рис. 2. Изображения препаратов лейкоксен-кварцевых титановых руд Пижемского месторождения (*a* — в шлифе, *b–d* — электронно-микроскопические BSE-изображения): *a* — изображение шлифа лейкоксен-кварцевого мелкозернистого песчаника с прожилком сидерита (0.7–1.0 мм) и сидеритом в поровом цементе (обр. 2/35.5). Черное — лейкоксен, серое — сидерит, белое — кварц. Николи параллельны. Размер поля 2.4×3.2 мм; *b* — лейкоксен-кварцевый песчаник с сидеритовым цементом, видны новообразованные на месте игольчатые двойники рутила. Аншлиф обр. 1/67-7-20. Керн скважины ГТС-1, нижняя малоручейская толща $m\Gamma^1$; *c* — кристалл циркона с пленкой ксенотима в титаноносной породе, свидетельство перекристаллизации циркона и выноса из него Y, HREE, P в гидротермальных условиях; *d* — гематитовый (светлое) цемент лейкоксен-кварцевого песчаника, кварц — черный, лейкоксен — серый. Аншлиф обр. МТУ-7-2. Во всех препаратах виден только дробленный нерегенерированный кварц, вероятно имеющий происхождение из кварцитовых протерозойских пород фундамента

Fig. 2. Images of leucoxene-quartz titanium ores of the Pizhemsky deposit (*a* — in thin section, *b–d* — electron microscopy BSE images): *a* — image of the leucoxene-quartz fine-grained sandstone with siderite vein (0.7–1.0 mm) and siderite in the pore cement (sample 2/35.5). Black — leucoxene, grey — siderite, white — quartz. Analyzer parallel. The field size 2.4×3.2 mm; *b* — leucoxene-quartz sandstone with siderite cement and visible newly formed needle-shaped twins of rutile. Sample 1/67-7-20. Borehole GTS-1, lower Belorucheyevskiy unit $m\Gamma^1$; *c* — crystal of zircon with xenotime thin plate in titanium-bearing rocks, evidence of recrystallization of zircon and the removal from it of Y, HREE, and P in hydrothermal conditions; *d* — hematite (light) cement of leucoxene-quartz sandstone, quartz — black, leucoxene — gray. Sample MTU-7-2

рудных тел, имеющих пространственную связь с глубинными разломами, напоминает кальдеру, заполненную песчано-глинистым материалом по типу грязевых вулканов. Инициатором и движущим фактором образования месторождения могли быть глубинное внедрение неопротерозойских базальтоидов, или собственно лампрофиров (аналоги которых керсантит-спессартитового ряда широко распространены в соседней Четласской гряде), и их взаимодействие с метеорными водами. Последние, образуя агрессивный водяной пар, разрушали лампрофиры аналогичные по составу четласским (предполагаемому источнику титана Пижемского месторождения), нахождение которых предполагается на некоторой глубине под Пижемским месторождением, и выносили продукты их разрушения в кальдеру. Доказательством того, что протолитом титановых руд были именно лампрофиры, а не сланцы, являются результаты изучения типоморфных особенностей породообразующих и акцессорных минералов обоих объектов [6, 8]. Отсутствие дальнего переноса материала доказывается формой кластогенного остроугольного совершенно неокатанного кварца, слагающего всю массу титановых руд (рис. 2), а также хрупкостью лейкоксена, не выдерживающего переноса более чем на 2 км.

Проблема возраста

Предыдущими исследованиями Rb-Sr-методом по глинистой составляющей и лейкоксену титаноносной толщи Пижемского месторождения был получен изохронный возраст (685 ± 30) млн лет [18], который рассматривается авторами как соответствующий сопряженному возрасту формирования и титанового оруднения и вмещающих его песчано-глинистых пород. Следует отметить, что ранее пижемские титановые руды считались среднедевонскими. Возраст глинистых сланцев, подстилающих Пижемское месторождение, определен ранее по серициту K-Ar-методом, около 635 млн лет [18]. Получается, что древняя титаноносная толща возрастом (685 ± 30) млн лет залегает на более молодых глинистых сланцах. Так как возраст сланцев на 50 млн лет меньше возраста титаноносной толщи, то они не могли служить материалом для образования титановых руд. Наиболее вероятным источником рудного вещества являются высокотитанистые четласские лампрофиры и щелочные базальты Четласского Камня и Вольско-Вымской гряды [7, 8]. Из них самые известные и изученные — Косьюское, Бобровское и Октябрьское дайковые поля. По Rb-Sr-изотопным данным, наиболее многочисленная совокупность проб лампрофиров образует изохрону с позднепротерозой-



ским возрастом (819 ± 19) млн лет [6]. Кроме того, есть лампрофировые дайки с возрастом около (606 ± 10) млн лет, одновозрастные с четласскими карбонатитами. Возраст рудных минералов (торита, монацита и тантало-ниобатов) из Новобобровского комплексного редкометалльно-торий-редкоземельного месторождения на Среднем Тимане был определен Sm-Nd-методом как (581 ± 47) млн лет [16]. Все это свидетельствует о длительном периоде генерации лампрофировой магмы на Среднем Тимане, охватывающем около 200 млн лет [7, 18].

Сравнительно недавно было выполнено локальное изотопно-геохимическое исследование циркона из Пижемского месторождения [9]. Впервые были получены данные по геохимии и U-Pb-возрасту циркона Пижемского титанового месторождения и проведен сравнительный анализ этих данных с аналогичными для циркона из лампрофиров Четласского Камня Среднего Тимана, предполагаемого источника рудного вещества для Пижемского месторождения. Было установлено, что материалом и коренным источником рудного вещества были не только лампрофиры, но и породы тиманского фундамента с большой глубины. В изученной выборке присутствуют зерна циркона с возрастом не менее 591–572 млн лет. Есть несколько зерен пижемских цирконов с датировками около 300 млн лет, но так как эти зерна циркона — как раз те, уникальные, с высоким содержанием Y, HREE, P, U, Th, то они обладают нарушенными U-Pb-изотопными отношениями, поэтому они нами в общий расчет не берутся. Отсутствие циркона с доказанным фанерозойским возрастом свидетельствует о том, что сама титаносная толща более древняя, чем считалась ранее (средний девон), а ее возраст следует считать докембрийским [9].

Для циркона из проявления Ичетью U-Pb-датирование ранее проводилось только для ограниченной выборки (9 зерен) классическим методом TIMS (ссылки в [12]). Установлено, что U-Pb-возраст циркона проявления Ичетью широко варьирует от 2247 до 1478 млн лет, а источником циркона являются породы фундамента Среднего Тимана. Исследование особенностей редкоэлементного состава циркона из рудопоявления Ичетью показало, что примерно для 10 % индивидов характерны внутренние участки и зоны с необычно высокими содержаниями Y и HREE, а также четкая корреляция их с содержанием P. Такая схема изоморфного замещения в минерале (цирконовой компоненты на ксенотимовую), делают цирконы Среднего Тимана уникальными, что исключает их латеральный перенос из других регионов. Проведенные геохронологические и минералого-геохимические исследования позволяют предположить, что фундамент Среднего Тимана (наиболее вероятный источник циркона проявления Ичетью) сложен породами палеопротерозойского возраста и, вероятно, является продолжением под Мезенскую синеклизу и Средний Тиман палеопротерозойской коллизионной структуры, с которой пространственно связана Архангельская алмазонасная провинция [12].

В настоящем сообщении приводятся результаты локального изотопно-геохимического исследования двух проб циркона из проявления Ичетью (проба МУ08-4, отобранная в левом борту реки Умбы, вблизи канавы КУ-1, и проба ПМС-239 из расчистки в левом борту реки Пижмы, участок «Сидоровский»). Расстояние между точками опробования 14 км.

Геологическая характеристика рудопоявления Ичетью

Полиминеральное алмаз-золото-редкометалльно-редкоземельно-титановое рудопоявление Ичетью представляет собой горизонт конглобрекчиевых пород со сложной пятнисто-струйчато-линзовидной морфологией тел и выдержанной мощностью от 0.2 до 1.5 м (рис. 1, 3). Породы рудопоявления представлены светло-серыми кварцевыми песчаниками, гравелитами, конгломератами и конглобрекчиями, залегающими между двумя мощными толщами в основании Пижемских мономинеральных кварцевых песчаников (D_{2pg}) стекольного качества и выше ильменит-лейкоксен-кварцевой титаносной толщи Пижемского месторождения Среднего Тимана [6, 8]. Впервые золотоносность горизонта Ичетью была установлена А. А. Черновым в сороковых годах XX столетия, а алмазонасность — В. А. Дударом в восьмидесятых годах.

На рис. 3 изображены особенности залегания конглобрекчиевого полиминерального горизонта проявления Ичетью в основании песчаников пижемской свиты (D_{2pg}) на контакте с верхней толщей (mg^3) кварц-каолинитовых рыхлых песчаников малоручейской свиты (Пижемского титанового месторождения): *a* — расчистка продуктивного алмазонасного конглобрекчиевого горизонта проявления Ичетью (мощность — 1.5 м). Контакт малоручейских титаносных слоев и пижемских песчаников (D_{2pz}). Длина вешки — 3.0 м. Титаносные слои представлены здесь мелкозернистыми каолинизированными кварцевыми песчаниками верхней части малоручейской свиты (mg^3). Карьер К-100 на правом берегу р. Средней; *b* — освещенная будина (толщиной 0.6 м) песчаника, облекаемая конглобрекчиевым горизонтом, — свидетельство его термального воздействия на песчаники и более позднего внедрения (обнажение в скале «Золотой Камень», правый берег р. Пижмы); *c* — основание конглобрекчиевого горизонта (вид сверху), видны обломки пород (сланцев-полосатиков, углистых черных сланцев, кварцитов), вынесенных вместе с конглобрекчией с большой глубины через низзалегавшую толщу рифейских пород. Такие виды пород на поверхности не встречаются, а вмещающие рифейские глинистые сланцы залегают в этом месте в 100 м ниже титаносных пород (обнажение в левом берегу р. Умбы); *d* — кварц-каолинитовые породы верхней малоручейской толщи (mg^3) с вихревыми складками фестончатой текстуры, выше на них залегает конглобрекчиевый горизонт. Фестончатая текстура пород свидетельствует о термомассопереносе в вертикальном направлении, видна мелкая галька и обломки кварцита в вертикальных трещинах породы, прорывающиеся вверх (обнажение в правом берегу р. Умбы).

Породы рудопоявления отличаются разнообразием минерального состава. В их составе диагностировано более 50 минералов, главные из которых: кварц, рутил, анатаз, ниобиевый рутил, ильменит, циркон, монацит, колумбит, гранаты, хромшпинелиды, турмалин, ставролит, золото с примесью серебра, кривогранные алмазы уральско-бразильского типа [8]. Среди этого минерального разнообразия в ряде шлиховых проб во фракции (+0.10...–0.25 мм) циркон составляет более 50, а во всей пробе — от 10 до 60 мас. % от минерального состава тяжелого шлиха и представляет промышленный интерес.

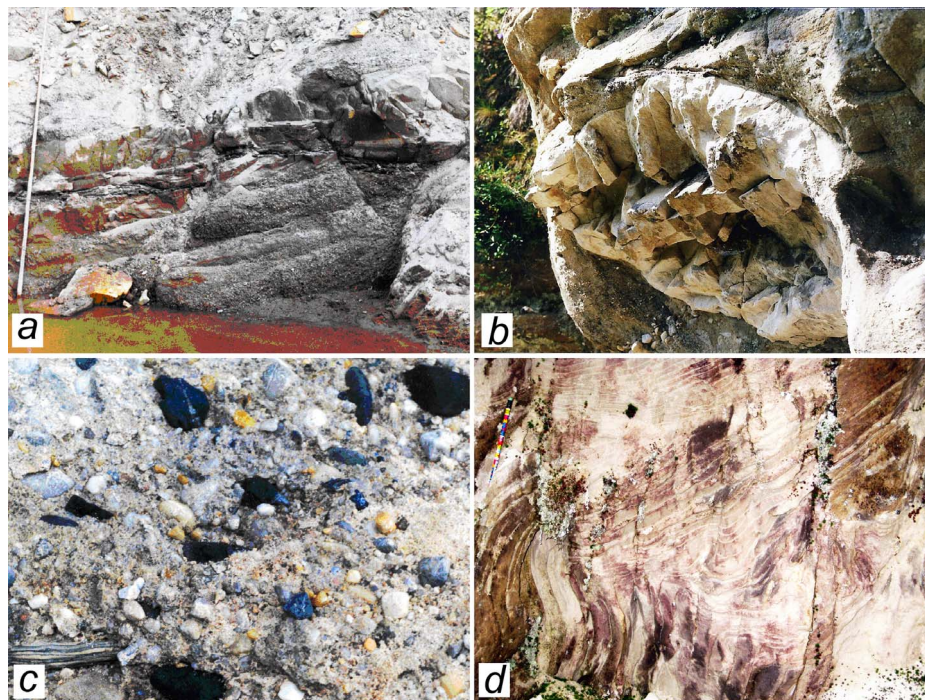


Рис. 3. Особенности залегания конглобрекчиевого полиминерального горизонта проявления Ичетью в основании песчаников пижемской свиты (D_2pg) на контакте с верхней толщей (mr^3) кварц-каолинитовых рыхлых песчаников малоручейской свиты (Пижемского титанового месторождения): *a* — расчистка продуктивного алмазоносного конглобрекчиевого горизонта проявления Ичетью (мощность — 1.5 м). Контакт малоручейских титаносносных слоев и пижемских песчаников (D_2pz). Длина вешки — 3.0 м. *b* — осветленная будина (толщина 0.6 м) песчаника, облекаемая конглобрекчиевым горизонтом, *c* — основание конглобрекчиевого горизонта (вид сверху); *d* — кварц-каолинитовые породы верхней малоручейской толщи (mr^3)

Fig. 3. Images of the outcrops, describing the features of the polymineral horizon of the Ichetu occurrence at the base of Pizhemy unit (D_2pg) in contact with the upper layer (mr^3) quartz-kaolinite sandstone of Maloruchey unit (Pizhemy titanium deposit): *a* — clearing productive diamondiferous horizon of Ichetu occurrence (thickness — 1.5 m). Contact Maloruchey titanium-bearing layers and Pizhemy sandstones (D_2pz); *b* — clearing (thickness 0.6 m) of sandstone; *c* — base conglomerate horizon (top view); *d* — quartz-kaolinite rocks of the upper Maloruchey unit (mr^3)

Методы исследования

Циркон из пробы МУ08-4 был продатирован U-Pb методом в ЦИИ ВСЕГЕИ на ионном микрозонде высокого разрешения SHRIMP-II по стандартным методикам [27]. Для выбора точек анализа использовались изображения зерен циркона в проходящем свете, в режиме катодoluminesценции (CL) и в обратноотраженных электронах (BSE). Содержание редкоземельных (REE) и редких элементов в цирконе в тех же кратерах, где выполнялось датирование, определялось на ионном микрозонде Cameca IMS-4f в ЯФ ФТИАН (аналитики С. Г. Симакин, Е. В. Потапов) по приведенным методикам [17]. Кроме того, было исследовано распределение редких и редкоземельных элементов в цирконе из пробы ПМС-239, датирование и CL-исследование для которой не проводилось. Размер исследуемого на ионном микрозонде участка циркона не превышал в диаметре 15–20 мкм; относительная ошибка измерения для большинства элементов составляла 10–15 %; порог обнаружения элементов в среднем равнялся 10 ppb. При построении спектров распределения REE состав циркона нормировался на состав хондрита CI [24]. Оценка температуры кристаллизации циркона выполнена с помощью геотермометра «Ti-в-цирконе» [26].

Результаты и их обсуждение

Характеристика циркона. Проба МУ08-4. Примерно половина зерен имеет изометричные очертания, другие

слабоудлиненные ($K_{уд.} 1 : 3$). Зерна умеренно или слабоокатаны, часть зерен представляет собой обломки кристаллов (рис. 4, *a*). Цвет кристаллов циркона варьирует от прозрачного до бледно-желтого и розового. Удлиненные кристаллы циркона, как правило, демонстрируют в CL магматическую осцилляционную зональность, заключающуюся в чередовании светлых и темных серых полос. В целом осцилляционная зональность проявлена не контрастно, местами она сменяется мозаичной зональностью или зональность вообще отсутствует. По характеристике циркона в CL его можно условно разделить на две группы: первая, преобладающая, с цирконом преимущественно темной окраски и вторая — с цирконом светло-серых тонов в CL. В единичных зернах циркона в CL-изображении можно выделить тонкие, не более 20 мкм по ширине, каймы черного цвета вокруг центральной части зерен светло-серого оттенка (например, зерна 12, 20, 31, рис. 4, *a*).

Проба ПМС-239. В этой пробе детально были исследованы зерна циркона, демонстрирующие следы наложенных изменений появлением участков более темного оттенка в BSE-изображении (рис. 4, *b–d*). Эти зерна имеют изометричные очертания с частично корродированными краями. Вторичные изменения разнообразны по морфологии проявления. Они могут быть проявлены в виде дендритовидной «паутины», приуроченной к краевой части циркона (рис. 4, *b*). Другая форма проявления изменений —

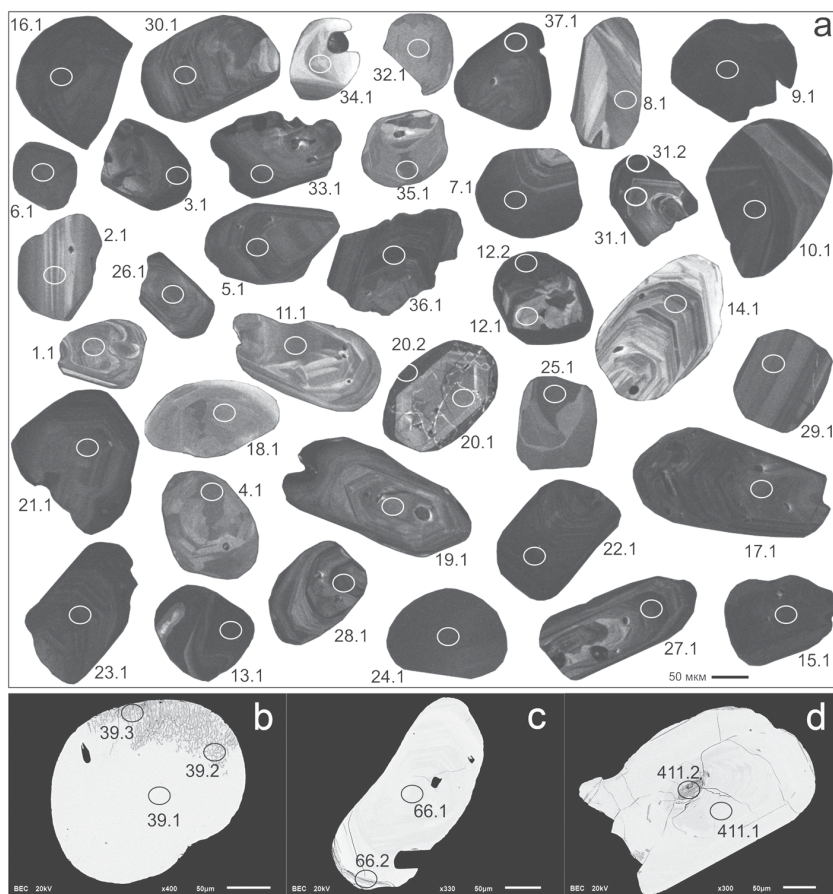


Рис. 4. Изображение циркона из проявления Ичетью, проба MY08-4 в CL (a) и проба ПМС-239 в BSE (b–d). Размер поля анализа равен ~ 20 мкм. Номера анализов совпадают с табл. 1, 2

Fig. 4. Images of zircons from the Ichetu occurrence, sample MY08-4 in CL (a) and sample PMS-239 in BSE (b–d). The size of the field of the analysis is equal ~ 20 microns. Numbers of analyses coincide with Table 1, 2

это замещение краевой части зерна, сложенной более темной высокоурановой полосой осцилляционной зональности (рис. 4, c). Помимо замещения краевых частей циркона также возможно замещение центральной части зерна, возникающей тогда, когда гидротермальный раствор проникает в глубь зерна по системе трещин, пронизывающих все зерно целиком (рис. 4, d).

Возраст циркона

Локально было продатировано 37 зерен циркона из пробы MY08-4 полиминерального рудопроявления Ичетью (рис. 5, табл. 1). Подавляющая часть аналитических точек является конкордантными. Дискордантность проявлена в темных в CL высокоурановых доменах циркона (точки 13.1 и 36.1, рис. 4, a), в каймах черного цвета (точки 12.2 и 31.2), а также в сильнотрещиноватом зерне (№ 20). Следует отметить, что U-Pb-возраст каём значительно не отличается от возраста центральной части этих же зерен (табл. 1).

Результаты определения U-Pb-возраста циркона показали широкий разброс индивидуальных значений $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -возраста от 706 до 3283 млн лет (рис. 5, табл. 1). Самое молодое измеренное значение $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ -возраста — (706 ± 13) млн лет — получено для зерна циркона с секториальной зональностью типа «елочки» (точка 35.1, рис. 4, a). Наиболее древний субконкордантный кластер образован четырьмя точками (4.1, 6.1, 18.1 и 29.1) и имеет возраст (2635 ± 31) млн лет по верхнему пересечению дискордии с конкордией (рис. 5).

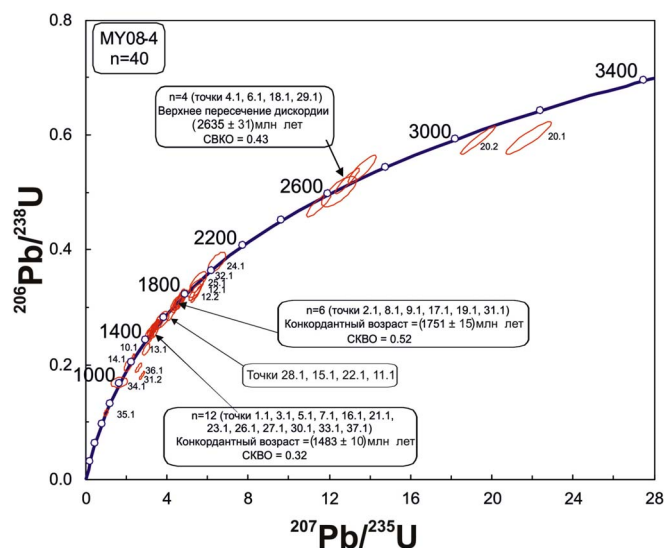


Рис. 5. График с конкордией с результатами датирования циркона из проявления Ичетью

Fig. 5. Plot with concordia for zircons from the Ichetu occurrence

Таблица 1. Результаты датирования циркона из проявления Ичетью (проба МУ08-4)

Table 1. Results of dating of zircons from the Ichetu occurrence (sample MY08-4)

Точка анализа Point of analysis	Характеристика в CL Characteristics in CL	$^{206}\text{Pb}_c$, %	U, ppm	Th, ppm	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*$, ppm	Возраст / Age $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, млн лет / Ma		D, %
13.1	темная зона / dark zone	0.62	732	148	0.21	144	1531	± 34	16
31.2	темная кайма / dark margin	0.10	1004	627	0.64	157	1817	± 14	69
36.1	темная зона / dark zone	0.38	674	588	0.90	113	1568	± 23	36
12.2	темная кайма / dark margin	0.05	598	75	0.13	166	1988	± 13	10
3.1	темная краевая зона / dark marginal zone	0.11	568	242	0.44	123	1477	± 15	2
1.1	светлый центр / light center	0.58	54.4	65.7	1.25	12.0	1459	± 62	-1
2.1	светлый центр / light center	0.09	122	39.8	0.34	33.4	1744	± 23	-2
4.1	темная зона / dark zone	0.14	80	90.9	1.17	37.3	2681	± 16	-4
5.1	темный центр, слабая зональность / dark center, weak zonality	0.13	284	144	0.52	62.7	1470	± 23	0
6.1	темный центр / dark center	0.06	182	101	0.57	81.6	2649	± 11	-2
7.1	темная зона / dark zone	0.07	304	282	0.96	68.6	1476	± 20	-2
8.1	светлый центр / light center	0.00	113	77.4	0.71	29.6	1742	± 26	1
9.1	темный центр / dark center	0.30	303	194	0.66	82.6	1788	± 20	1
10.1	темный центр / dark center	0.05	548	181	0.34	98.5	1197	± 20	-2
11.1	светлый центр / light center	0.40	60.4	75.4	1.29	14.5	1595	± 56	1
12.1	светлый центр / light center	0.32	349	151	0.45	98.1	1955	± 23	7
14.1	светлый центр, зональный / light center, zonal	0.49	164	63.2	0.40	28.1	1079	± 62	-8
15.1	темный центр / dark center	0.11	420	147	0.36	100	1512	± 21	-4
16.1	темный центр, слабозональный / dark center, weak zonality	0.21	487	266	0.57	111	1484	± 23	-2
17.1	темный центр, слабозональный / dark center, weak zonality	0.43	240	76.8	0.33	64.5	1736	± 29	-1
18.1	светлый центр / light center	0.47	53.3	38.3	0.74	23.1	2657	± 31	1
19.1	светлый центр, слабозональный / light center, weak zonality	0.07	145	65.9	0.47	38.6	1775	± 29	2
20.1	светлый центр / light center	0.19	104	133.4	1.33	53.1	3283	± 13	9
20.2	темная кайма / dark margin	0.10	350	104	0.31	178	3098	± 9	3
21.1	темный центр, слабозональный / dark center, weak zonality	0.57	184	114	0.64	41.3	1459	± 42	-2
22.1	темная зона dark zone	0.05	348	97.3	0.29	81.5	1579	± 20	2
23.1	темный центр, зональный / dark center, zonal	0.03	357	191	0.55	81.7	1491	± 20	-2
24.1	темный центр dark center	0.64	201	108	0.55	65.8	2011	± 37	-3
25.1	темная зона dark zone	0.62	123	30.1	0.25	35.5	1920	± 34	4
26.1	темный центр, слабозональный / dark center, weak zonality	0.00	188	91.1	0.50	42.9	1495	± 27	-2
27.1	темный центр, зональный / dark center, zonal	0.12	448	224	0.52	100	1489	± 21	0
28.1	темный центр, зональный / dark center, zonal	0.13	301	167	0.57	75.1	1728	± 27	5
29.1	светлый центр / light center	0.00	116	131	1.16	47.9	2595	± 18	3
30.1	темный центр, слабозональный / dark center, weak zonality	0.06	178	173	1.01	38.0	1478	± 31	3
31.1	светлый центр, зональный / light center, zonal	0.22	240	138	0.60	63.4	1732	± 32	0
32.1	светлый центр / light center	0.16	56.0	3.80	0.07	16.6	1902	± 41	0
33.1	темная зона / dark zone	0.23	214	95.4	0.46	46.7	1464	± 33	0
34.1	светлый центр / light center	0.85	61.9	26.1	0.44	9.07	1007	± 21	—
35.1	темная зона / dark zone	0.33	183	157	0.89	18.3	706	± 13	—
37.1	темная кайма / dark margin	0.33	379	103	0.28	87.6	1485	± 26	-3

Проба МУ-08/4 / Sample MY-08/4

Примечание. Номер аналитической точки соответствует номеру зерна и кратера в пределах этого зерна. Ошибки для интервала 1σ ; Pb_c and Pb^* — нерадиоогенный и радиоогенный свинец соответственно. Ошибка калибровки стандарта — 0.56% (1σ). Изотопные отношения скорректированы по измеренному ^{204}Pb . D, % — Дискордантность: $D=100*[(\text{Возраст}(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})]/[\text{Возраст}(^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U})]-1]$. Курсивом отмечены значения $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ -возраста.

Note. Number of analytical point corresponds to number of grain and crater within this grain. Errors for interval 1σ ; Pb_c and Pb^* — radiogenic and non-radiogenic lead accordingly. Calibration error 0.56% (1σ). Isotope relations are corrected by ^{204}Pb . D, % — Dicordancy: $D=100*[(\text{Age}(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})]/[\text{Age}(^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U})]-1]$. $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ -values are in italic.

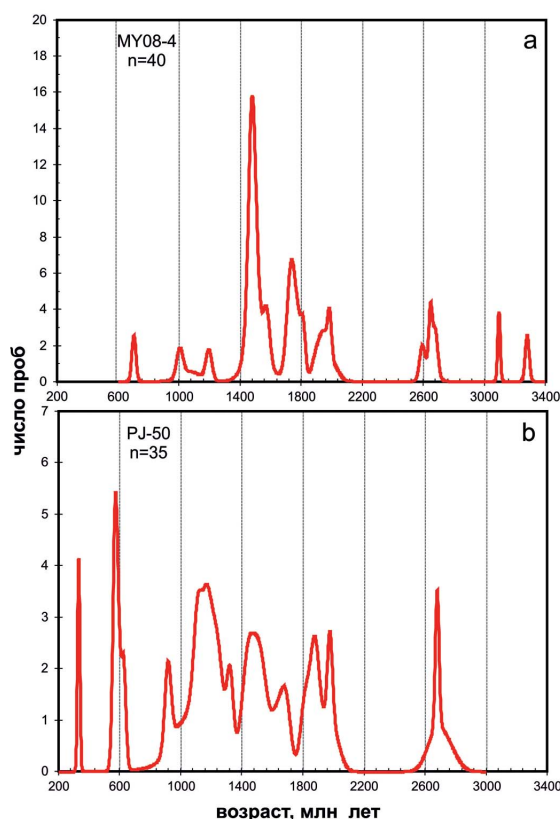


Рис. 6. Распределение значений U-Pb-возраста циркона из проявления Ичетью (а) и Пижемского месторождения (b)

Fig. 6. Distribution of U-Pb-values of age of zircons of the Ichetu occurrence (a) and the Pizhemy deposit (b)

Основная часть фигуративных точек расположена на конкордии или вблизи нее в интервале примерно от 2000 до 1000 млн лет (рис. 5). На графике с конкордией статистически выделяются два конкордантных кластера: первый древний, с возрастом (1751 ± 15) млн лет (для 6 точек), второй более молодой, с возрастом (1483 ± 10) млн лет (для 12 точек). Менее чем 1483 млн лет возраст циркона установлен только для 4 точек циркона (35.1, 34.1, 14.1 и 10.1, табл. 1). Эти два конкордантных кластера выделяются максимальными пиками на относительной вероятности распространности U-Pb-возраста (рис. 6, а). К ним примыкает возрастной пик с отметкой около 1930 млн лет, по цирконам которого возрастной кластер, однако, не рассчитывается. Общей закономерностью распространности значений возраста для циркона из проявления Ичетью является резкое преобладание протерозойских значений возраста (30 определений из 40, табл. 1).

Аналогичные построения для циркона из Пижемского месторождения [9] также показали преобладание отметок возраста в интервале 900—2000 млн лет (рис. 6, b). Примечательно, что для циркона из проявления Ичетью и из Пижемского месторождения в целом совпадают отметки наиболее проявленных пиков распределения возраста как в области протерозойских значений, так и в области архейских значений (около 2650 млн лет). Циркон из Пижемского месторождения отличается наличием четко проявленного пика с возрастом около 600 млн лет (рис. 6, b). Это значение возраста хорошо коррелируется с возрастом лампрофировых даек — около (606 ± 10) млн лет [7] — и возрастом рудных минералов из Новобобровского комплексного редкометалльно-торий-редкоземельного место-

рождения на Среднем Тимане — около 580 млн лет [16].

В целом сравнение относительно распространенности значений возраста для циркона из проявления Ичетью и Пижемского месторождения подтверждает единый источник циркона для этих двух промышленных объектов. Наличие не только протерозойских, но и архейских датировок циркона свидетельствует о поступлении циркона из различных по глубине залегания пород фундамента в районе современного расположения Среднего Тимана.

Геохимия циркона

Проба MY08-4. По характеру распределения REE четко обособляются пять точек анализа, относящиеся к темным в CL зонам циркона, преимущественно находящимся в краевой части зерен (рис. 4, а). Суммарное содержание REE в них составляет в среднем 3900 ppm, достигая 7600 ppm (табл. 2). Характерными особенностями являются выположенность спектра с сохранением его дифференцированности от легких к тяжелым REE в незначительной степени (Lu_N/La_N отношение в среднем 150), практически полное отсутствие положительной Ce-аномалии (Ce/Ce^* не превышает 2.2) и редуцированная отрицательная Eu-аномалия (Eu/Eu^* в среднем равняется 0.66, табл. 2). Четыре спектра REE из пяти подобны и практически сливаются вместе на графике с логарифмическим масштабом нормированного содержания (рис. 7, а). Это свидетельствует о закономер-

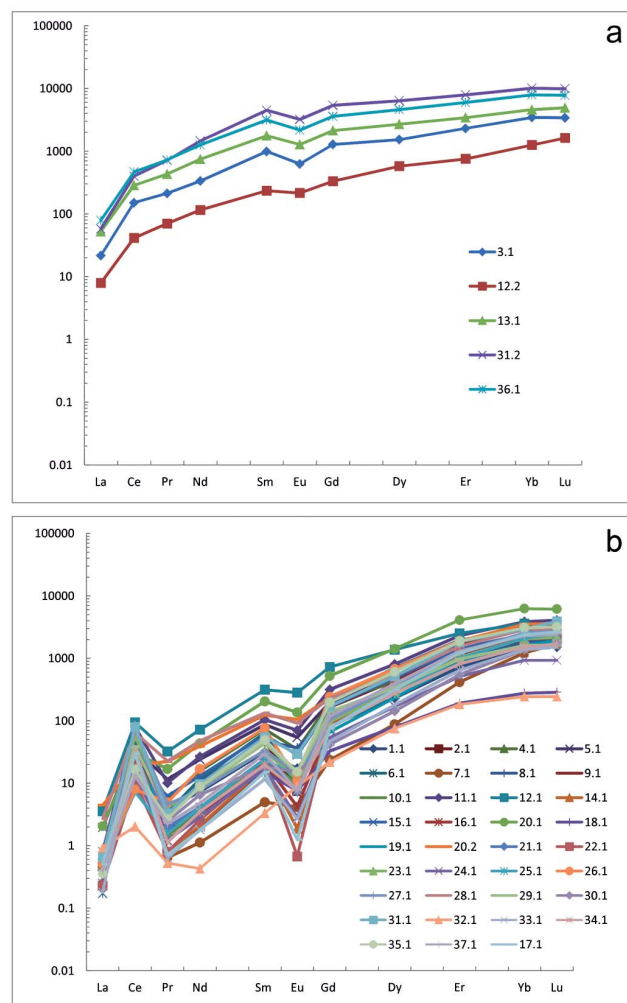


Рис. 7. Спектры REE для циркона из проявления Ичетью, проба MY08-4

Fig. 7. REE patterns in zircons from the Ichetu occurrence, sample MY08-4

Таблица 2. Содержание редких и редкоземельных элементов в цирконе из проявления Ичегью (ppm)

Table 2. Trace and rare earth elements contents ppm for zircons from the Ichetu occurrence

Проба МУ-08/4 / Sample MU-08/4																									
Компонент Component	Темные в СL зоны и каймы Dark zones and margins					Центральные части зерен циркона / Central parts of zircon grains																			
	13.1	31.2	36.1	3.1	12.2	1.1	2.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.1	10.1	11.1	12.1	14.1	15.1	16.1	17.1	18.1	19.1	20.1	20.2	
La	12.4	13.7	18.8	5.12	1.87	0.14	0.11	0.10	0.47	0.04	0.10	0.05	0.10	0.11	0.19	0.84	0.06	0.19	0.06	0.12	0.11	0.10	0.48	1.06	
Ce	174	244	287	92.2	25.3	47.3	6.15	26.9	21.2	30.0	50.7	22.2	43.4	58.5	49.0	57.7	13.8	11.0	41.6	18.3	12.1	18.3	19.0	11.9	
Pr	39.9	66.1	67.4	19.7	6.48	0.37	0.33	0.51	1.07	0.31	0.06	0.25	0.07	0.13	0.93	2.99	0.07	0.58	0.11	0.07	0.17	0.19	1.56	2.06	
Nd	340	665	571	152	52.5	3.35	4.63	7.18	11.0	5.28	0.51	4.93	0.82	1.67	12.1	33.0	1.0	5.94	1.43	0.80	1.81	1.65	19.8	17.8	
Sm	261	665	462	146	34.5	4.67	7.00	10.8	12.9	9.40	0.74	6.93	2.45	3.54	15.3	46.6	2.64	8.69	3.11	2.24	2.19	2.77	30.2	18.2	
Eu	71.6	181	121	35.2	12.1	0.96	0.43	1.95	3.05	0.49	0.23	2.08	0.42	0.54	3.95	16.0	0.10	1.60	0.24	0.07	0.43	0.47	7.61	5.90	
Gd	424	1071	710	255	66.0	16.5	32.7	38.3	38.8	44.4	4.67	25.1	18.8	21.0	62.8	145	16.8	33.1	16.4	15.2	6.50	13.2	104	46.3	
Dy	659	1569	1127	376	141	56.7	108	103	120	171	21.6	74.8	103	79.8	197	338	79.4	119	78.4	77.4	19.5	57.3	347	163	
Er	548	1267	949	368	120	115	198	172	211	313	66.2	145	264	192	369	402	181	229	179	194	30.7	135	653	300	
Yb	738	1632	1270	553	201	219	310	280	363	465	196	291	525	404	623	581	328	390	382	384	44.6	259	1004	569	
Lu	121	244	190	83.4	39.8	37.0	49.3	46.8	57.4	66.8	41.1	49.3	90.2	68.9	101	85.2	53.0	62.5	64.5	64.6	7.07	47.1	151	88.7	
Li	107	51.2	90.6	121	127	0.49	13.2	2.76	2.35	26.1	78.4	28.2	88.2	0.07	0.06	49.1	28.7	43.1	88.3	7.37	2.03	8.60	28.7	130	
P	2190	4627	3656	1066	400	179	165	181	296	182	50.0	80.2	273	141	238	644	178	278	174	329	127	236	395	552	
Ca	1044	2569	1686	502	117	6.44	0.45	7.72	53.9	0.67	0.45	0.41	1.14	0.41	0.45	87.6	0.59	12.8	0.22	1.14	1.64	5.23	70.3	84.9	
Ti	141	446	280	109	29.1	14.1	26.9	17.0	22.8	11.9	10.9	14.1	6.35	14.5	9.92	24.7	15.2	19.1	18.9	13.3	12.1	12.6	16.2	44.3	
Sr	6.14	35.72	10.2	3.59	1.23	0.12	0.18	0.29	0.42	0.33	0.17	0.33	0.50	0.11	0.32	1.01	0.20	0.38	0.36	0.42	0.30	0.23	1.46	2.97	
Y	3643	8775	6353	2337	869	645	1162	1078	1201	1857	379	870	1427	1104	2211	2784	996	1365	1000	1030	211	738	3568	1791	
Nb	46.6	151	69.9	57.3	9.31	12.3	8.73	10.5	17.2	20.1	28.8	18.7	19.3	9.91	9.74	14.5	6.69	11.8	13.6	10.3	59.1	46.4	53.8	51.5	
Ba	26.5	167	44.7	20.2	6.54	1.85	1.35	1.77	3.17	1.12	1.53	1.37	1.23	1.17	2.02	5.44	1.73	2.44	1.01	1.57	4.17	1.70	5.43	7.36	
Hf	17029	12360	10747	12175	11537	8720	6943	7506	9487	5969	9557	7507	9439	9808	7382	8997	8862	9353	10373	10700	8967	9485	9016	11660	
Th	156	766	749	326	52.8	87.6	46.6	115	149	117	290	99.4	244	236	114	190	72.5	174	323	101	47.1	74.9	224	79.9	
U	1229	1726	1128	1044	837	89.8	198	137	433	274	409	186	500	998	124	474	266	668	817	430	88.4	242	190	620	
Th/U	0.13	0.44	0.66	0.31	0.06	0.98	0.24	0.84	0.34	0.43	0.71	0.54	0.49	0.24	0.92	0.40	0.27	0.26	0.40	0.23	0.53	0.31	1.18	0.13	
Eu/Eu*	0.66	0.65	0.65	0.56	0.77	0.34	0.09	0.29	0.42	0.07	0.38	0.48	0.19	0.19	0.39	0.59	0.05	0.29	0.10	0.04	0.34	0.24	0.41	0.62	
Ce/Ce*	1.90	1.96	1.95	2.22	1.75	49.5	7.79	29.3	7.28	64.9	158	48.2	121	119	28.2	8.82	51.7	8.02	123	49.8	21.8	33.2	5.27	1.95	
ΣREE	3390	7617	5772	2086	702	501	716	687	841	1105	382	622	1048	830	1434	1708	676	860	768	757	125	536	2338	1224	
ΣLREE	566	989	944	269	86.1	51.1	11.2	34.7	33.7	35.7	51.4	27.4	44.4	60.5	62.3	94.5	14.9	17.7	43.2	19.3	14.2	20.2	40.8	32.9	
ΣHREE	2491	5783	4245	1635	569	445	697	640	791	1059	329	585	1001	766	1353	1551	659	832	721	735	108	512	2259	1167	
Lu _N /La _N	94.4	172	97.4	157	205	2471	4277	4664	1184	15903	3894	9701	8467	6172	5104	979	8488	3167	10473	5230	624	4770	2996	807	
Lu _N /Gd _N	2.31	1.84	2.17	2.65	4.88	18.2	12.2	9.88	11.9	12.2	71.1	15.9	38.9	26.5	12.9	4.77	25.6	15.3	31.7	34.4	8.80	28.9	11.8	15.5	
Sm _N /La _N	33.7	78.0	39.3	45.7	29.5	51.7	101	179	44.1	372	11.6	227	38.2	52.8	129	88.9	70.3	73.2	83.9	30.1	32.1	46.6	99.8	27.5	
T(Ti), °C	1047	1243	1157	1010	847	774	839	792	821	759	750	774	704	777	742	830	781	803	803	769	760	764	788	894	



Таблица 2. Окончание
Table 2. End

Компонент Component	Проба МУ-08/4 / Sample МУ-08/4															Проба ПМС-239 / Sample ПМС-239							
	Центральные части зерен циркона / Central parts of zircon grains															Измененный циркон Altered zircon			Неизмененный циркон / Unaltered zircon				
	21.1	22.1	23.1	24.1	25.1	26.1	27.1	28.1	29.2	30.1	31.1	32.1	33.1	34.1	35.1	37.1	66.2	39.2	39.3	39.1	411.2	411.1	66.1
La	0.08	0.05	0.13	0.07	0.12	0.12	0.17	0.64	0.15	0.08	0.16	0.22	0.04	0.09	0.09	0.10	14.3	17.6	6.48	0.31	1.32	0.42	0.07
Ce	37.2	6.32	34.6	7.99	4.47	4.87	45.0	39.3	23.8	51.3	48.4	1.22	20.1	19.9	10.1	8.04	278	272	115	33.6	42.1	8.64	16.5
Pr	0.18	0.07	0.37	0.11	0.15	0.46	0.42	2.11	0.30	0.23	0.30	0.05	0.06	0.10	0.25	0.21	74.3	66.9	23.0	0.80	5.07	0.82	0.26
Nd	1.88	1.18	3.89	1.31	1.87	7.69	3.53	21.7	3.88	2.97	4.41	0.19	0.82	1.60	4.02	2.19	637	516	196	11.8	41.5	7.34	3.77
Sm	3.59	2.95	4.88	2.55	3.53	11.3	4.94	19.7	6.40	2.71	8.05	0.49	1.72	2.92	7.31	4.38	456	349	143	32.7	40.7	7.07	8.58
Eu	0.41	0.04	0.63	0.16	0.73	0.62	0.79	5.15	0.81	0.85	1.66	0.50	0.15	0.42	0.85	0.43	132	111	44.6	11.4	13.7	1.86	0.78
Gd	17.5	17.3	19.0	10.7	15.5	48.2	21.0	46.0	27.7	8.34	33.9	4.31	9.27	15.7	39.1	23.7	719	675	335	175	82.0	24.0	35.4
Dy	76.4	86.9	74.6	41.5	66.9	167	85.6	128	83.5	35.1	126	18.5	44.1	67.6	149	96.6	1211	1465	910	607	167	82.5	130
Er	167	193	164	82.0	158	306	201	248	155	87.6	292	29.1	103	130	298	209	989	1440	1113	851	171	115	222
Yb	335	367	333	148	336	474	409	463	259	220	475	39.0	221	246	499	372	1308	1560	1202	968	229	189	356
Lu	55.7	59.2	53.6	22.9	60.7	76.5	68.6	74.9	39.8	42.5	95.6	5.97	37.1	41.7	78.1	59.4	187	208	156	121	33.7	32.8	54.9
Li	67.6	8.47	4.79	84.6	54.1	0.79	102	33.2	7.20	4.52	35.5	0.12	3.28	0.56	0.11	27.5	12.5	43.4	56.9	45.5	13.8	19.9	1.47
P	244	251	179	96.3	80.7	311	202	428	224	76.1	352	11.6	99.3	188	188	176	4517	5518	1541	126	551	426	297
Ca	1.12	0.76	13.2	0.47	5.48	6.25	7.16	80.0	7.78	8.57	0.53	0.33	0.73	0.71	3.39	13.1	1502	782	290	15.0	93.7	21.7	15.6
Ti	38.0	15.6	21.9	57.8	7.46	27.2	15.2	22.4	8.25	17.0	22.2	4.29	18.0	34.6	13.1	11.3	376	266	135	16.6	28.5	9.57	32.2
Sr	0.38	0.28	0.48	0.21	0.48	0.40	0.41	1.22	0.33	0.35	0.11	0.05	0.15	0.32	0.45	0.50	7.73	4.38	2.37	1.21	2.01	1.12	1.10
Y	938	1139	887	498	954	1977	1131	1388	922	470	1614	203	586	738	1718	1172	6438	8892	6434	5009	1193	788	1365
Nb	13.6	33.4	37.9	24.4	23.4	26.4	33.4	39.6	27.7	33.5	12.6	15.7	14.8	6.42	5.87	19.5	135	141	110	149	74.1	87.1	71.4
Ba	2.15	2.13	2.15	1.83	1.44	0.90	1.34	3.48	1.29	1.87	1.81	0.99	1.04	0.99	1.43	1.05	44.7	25.3	9.99	5.61	10.6	5.43	4.18
Hf	9396	9503	9916	7863	9939	8726	10092	10421	9124	9831	7981	8663	9065	9435	9673	10005	11737	5691	6046	5415	9735	9771	8268
Th	196	128	251	116	34.1	109	293	205	159	197	159	2.43	101	31.8	239	128	432	327	289	175	173	75.6	91.1
U	403	604	629	311	222	321	843	550	205	297	403	89.2	313	105	372	652	915	695	798	670	371	435	275
Th/U	0.49	0.21	0.40	0.37	0.15	0.34	0.35	0.37	0.78	0.66	0.39	0.03	0.32	0.30	0.64	0.20	0.47	0.47	0.36	0.26	0.47	0.17	0.33
Eu/Eu*	0.16	0.02	0.20	0.09	0.30	0.08	0.24	0.52	0.19	0.55	0.31	1.06	0.12	0.19	0.15	0.13	0.70	0.70	0.62	0.46	0.72	0.43	0.14
Ce/Ce*	72.5	24.2	37.3	21.2	8.16	5.03	41.0	8.21	27.4	89.9	53.8	2.85	97.0	50.9	16.8	13.7	2.06	1.92	2.27	16.4	3.94	3.57	30.21
ΣREE	695	734	689	318	648	1097	840	1049	601	452	1086	99.6	437	526	1086	776	6006	6681	4245	2812	828	469	828
ΣLREE	39.4	7.62	39.0	9.49	6.61	13.1	49.2	63.7	28.1	54.5	53.2	1.68	21.0	21.7	14.5	10.5	1004	873	340	46.4	90.0	17.2	20.6
ΣHREE	652	723	644	306	637	1072	785	960	565	394	1023	96.9	415	501	1063	761	4415	5349	3716	2721	683	443	798
Lu _N /La _N	6368	10522	3827	3014	4861	6148	3967	1134	2642	4953	5914	261	8393	4683	8817	5931	126	114	232	3767	246	760	7896
Lu _N /Gd _N	25.8	27.8	22.8	17.3	31.7	12.8	26.4	13.2	11.6	41.2	22.8	11.2	32.4	21.5	16.2	20.3	2.10	2.50	3.76	5.59	3.32	11.0	12.5
Sm _N /La _N	68.2	87.0	58.0	55.8	47.0	151	47.5	49.6	70.6	52.4	82.8	3.55	64.7	54.5	137	72.6	51.2	31.8	35.5	170	49.5	27.2	205
T(Ti), °C	876	784	817	926	718	840	782	819	726	792	819	673	798	866	767	754	1210	1148	1040	790	845	739	858

ном (равновесном) характере вхождения несовместимых элементов REE в состав циркона при его изменении.

Данная группа циркона отличается от остальных точек циркона повышенным содержанием всех проанализированных элементов (табл. 2). При этом степень обогащения редкими элементами варьирует в значительной степени: для Са превышение составляет примерно 100 раз, для Р — 10 раз, для остальных элементов 2—3 раза или несколько более, для Нf различие в содержании для сравниваемых групп циркона минимально — примерно полтора раза. Величина Th/U-отношения сильно варьирует от 0.06 до 0.66, составляя в среднем 0.32 (табл. 2). Содержание Ti в среднем составляет 200 ppm при максимальном значении 446 ppm. Учитывая, что наиболее корректные определения по геотермометру [26] «Ti-в-цирконе» получаются при содержаниях Ti не более 20 ppm [19], термометр для данной группы использовать нельзя. Содержание Ti демонстрирует положительную корреляцию с содержанием Са — элементом-индикатором метасоматического воздействия на циркон и нарушения U-Pb-изотопной системы [20].

Остальные проанализированные точки циркона из пробы МУ08-4, отличающиеся как структурой и окраской в CL (рис. 4, а), так и значением U-Pb-возраста (табл. 1), характеризуются типичными для циркона магматического генезиса [22] фракционированными спектрами распределения REE (Lu_N/La_N -отношение в среднем 5170) с отчетливо проявленными положительной Ce-аномалией (Ce/Ce^* в среднем 43) и отрицательной Eu-аномалией (Eu/Eu^* в среднем 0.28). На рис. 7, b спектры распределения REE сливаются в полосу шириной в один порядок нормализованных содержаний. При этом наблюдается закономерность в том, что спектры REE с максимальным их суммарным содержанием (более 1100 ppm) отличаются выположенными Eu- и Ce-аномалиями. По всей видимости, это результат воздействия на циркон гидротермальных процессов, описанных выше, приведших к образованию группы аномального по составу циркона. Две точки циркона (32.1 и 18.1, рис. 7, b), напротив, выделяются пониженным содержанием тяжелых REE, а для точки 32.1 еще и U-образным провалом в области легких REE. Такая особенность распределения REE характерна скорее для метаморфических цирконов, чем для магматических. Зерно циркона, в котором проанализирована точка 32.1, возможно, принадлежит к эклогитовому типу, учитывая характерный спектр REE с отрицательной аномалией по Nd, аномально низкое содержание Th и Th/U-отношение [15].

Содержание редких элементов в рассматриваемой популяции циркона значительно варьирует, однако не выходит за границы диапазонов содержания, характерных для циркона магматического генезиса [21]. Температура кристаллизации циркона, рассчитанная по геотермометру [26] «Ti-в-цирконе», варьирует от 670 до 926 °C, составляя в среднем 790 °C. Эти определения попадают в температурный интервал кристаллизации щелочных пород кислого и среднего состава, возможно преобладающих в составе фундамента Среднего Тимана.

Проба ПМС-239. Спектры распределения REE (рис. 8, а—с) в неизмененном цирконе, отличающемся светло-серым оттенком в BSE-изображении (рис. 4, b—d, точки анализа 39.1, 66.1, 411.1), имеют типичный для циркона магматического генезиса дифференцированный характер с увеличением содержания от легких к тяжелым REE [21, 23] и четко выраженными положительной Ce-аномалией (Ce/Ce^* достигает 30.1) и отрицательной Eu-аномалией (Eu/Eu^* составляет в среднем 0.34). Суммарное содержание REE достигает

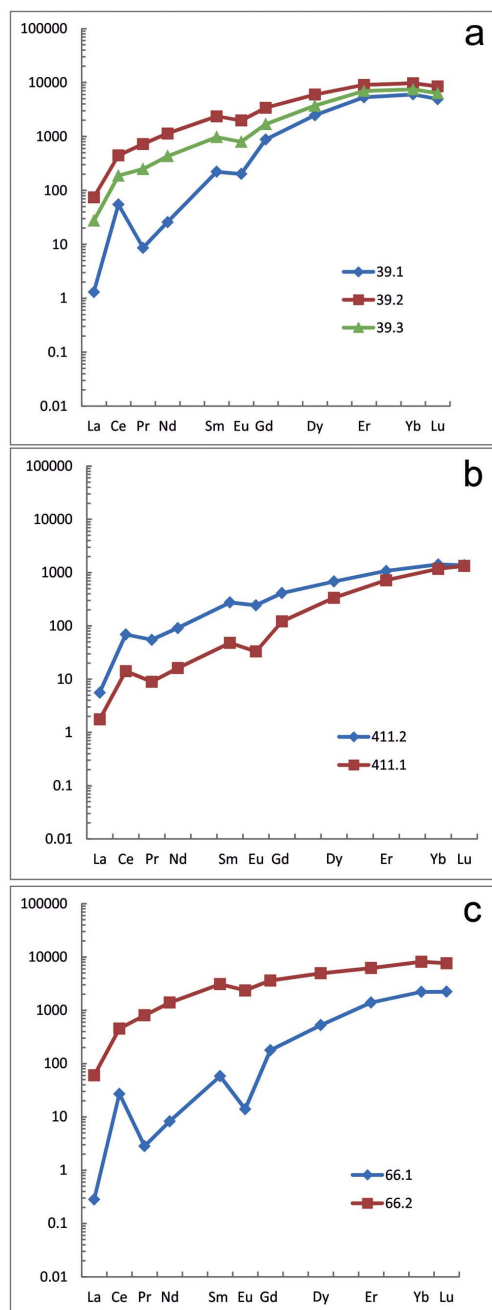


Рис. 8. Спектры REE для циркона из проявления Ичетью, проба ПМС-239

Fig. 8. REE patterns in zircons from the Ichetu occurrence, sample PMS-239

2812 ppm, содержание Y в среднем составляет 2388 ppm, Р — 283 ppm, Са — 17 ppm, Ti — 19.4 ppm (табл. 2).

Зоны изменения циркона с характерным темным оттенком в BSE приурочены к краевым участкам зерен (точки 39.2, 39.3 — дендритовидные изменения; постепенное замещение каймы — точка 66.2, рис. 4, b, c), а также к центральной части зерна (точка 411.2, рис. 4, d). В последнем случае очевидно, что изменение центральной части зерна (метамиктного ядра?) вызвано поступлением гидротермальных растворов по системе трещин, соединяющих краевую и центральную части зерна. По составу зоны изменения отличаются от неизмененного циркона повышенным содержанием REE (в среднем 4440 ppm, табл. 2), Y — 5339 ppm, Р — 3032 ppm, Са — 667 ppm, Ti — 202 ppm.



В зонах изменения содержание HREE увеличивается примерно в 3 раза, LREE в 20 раз. Происходит выполаживание всего спектра REE, редуцирование Ce- и Eu-аномалий. Следует отметить, что содержание U, увеличиваясь в 2–3 раза, в измененных участках не превышает 915 ppm (табл. 2), что отличает зоны изменения от типичного метамиктного циркона. Рост содержания Y в среднем от 788 до 8892 ppm коррелируется с увеличением содержания P — 126 и 5518 ppm соответственно, что согласуется с выделенным ранее для цирконов Тимана особым геохимическим типом иттриевых цирконов [9, 12].

Сравнение цирконов проявления Ичетью и Пижемского месторождения

Обогащенные редкими и редкоземельными элементами цирконы из проявления Ичетью (первая группа в настоящей работе, рис. 7, а) обнаруживают значительные черты сходства с группой высокоиттриевых цирконов из Пижемского месторождения (рис. 6, а, [9]) в характере распределения REE, отличаясь от них пониженным в пол-

тора-два раза содержанием как REE, так и Y. Для циркона из обоих объектов характерны выположенные спектры распределения REE за счет повышенного содержания легких REE с редуцированными Ce- и Eu-аномалиями.

В сравниваемых цирконах, как несущих явные следы наложенных изменений состава, так и менее измененных, обнаруживается положительная корреляция Y с P и суммарным содержанием REE (рис. 9, а, b). При этом наблюдается практически полное совпадение полей составов циркона во всем диапазоне содержаний сравниваемых элементов. Примечательно, что Y и суммарное содержание REE демонстрируют положительную корреляцию, близкую к идеальной (рис. 9, b). Содержание Y коррелирует с содержанием Nb только в цирконе с повышенным содержанием Y (более 2000–3000 ppm), для других составов корреляция отсутствует (рис. 9, c). Содержание легких REE положительно коррелирует с содержанием тяжелых REE во всем диапазоне (рис. 9, d). При этом содержание тяжелых всегда превышает содержание легких REE: в измененных темных цирконах отношение HREE/LREE в среднем попадает в

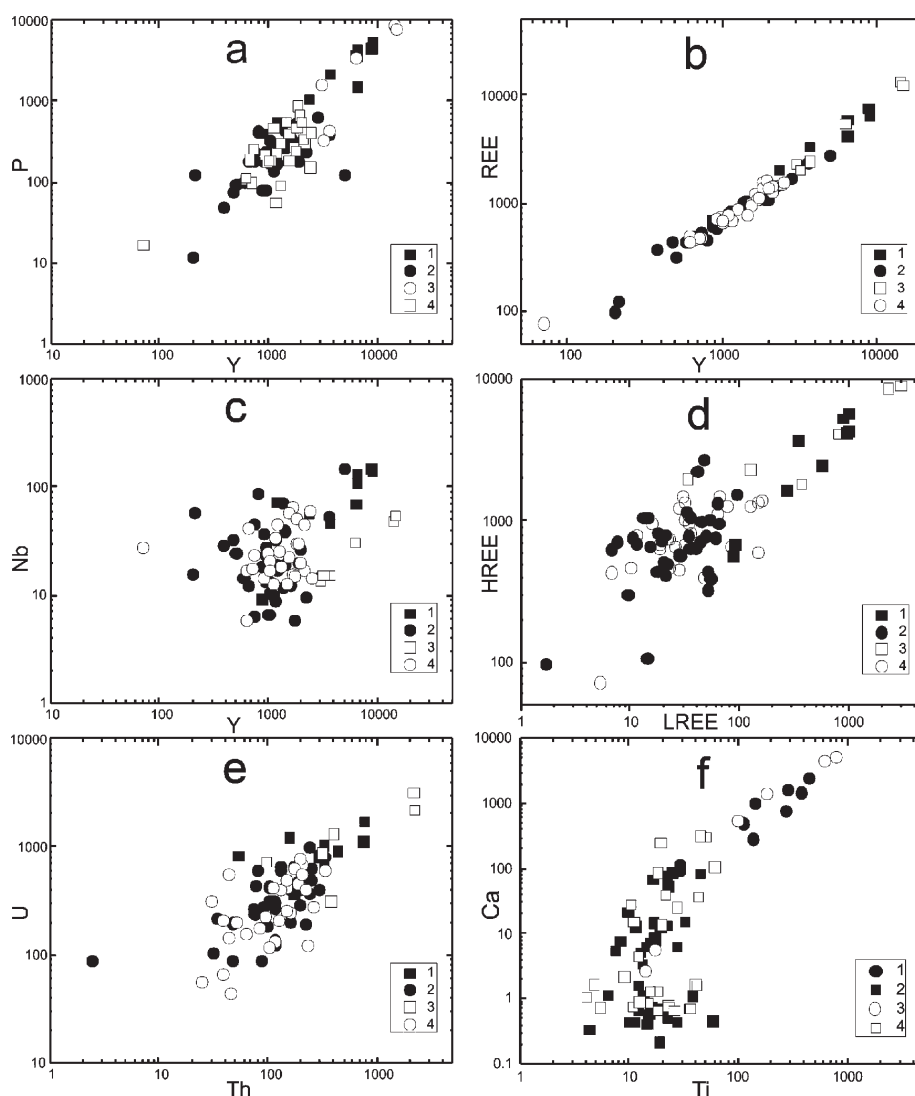


Рис. 9. Соотношение Y-P (a), Y-REE (b), Y-Nb (c), LREE-HREE (d), Th-U (e), Ti-Ca (f) для цирконов из проявления Ичетью и Пижемского месторождения: 1 — измененный циркон; 2 — неизменный циркон проявления Ичетью; 3 — высокоиттриевый циркон, 4 — умеренно-иттриевый циркон Пижемского месторождения. Содержание всех элементов приведено в ppm

Fig. 9. Ratio of Y-P (a), Y-REE (b), Y-Nb (c), LREE-HREE (d), Th-U (e), Ti-Ca (f) for zircons of the Ichetu occurrence and the Pizhemy deposit: 1 — altered zircons; 2 — unaltered zircons (the Ichetu occurrence); 3 — high-Y zircons; 4 — moderately Y-zircons (the Pizhemy deposit). Contents of all trace elements are in ppm

интервал 4–6, в неизмененных цирконах оно значительно выше и доходит до 96 (табл. 2). Содержание Th и U в целом положительно коррелирует (рис. 9, *e*), однако Th/U-отношение значительно варьирует в выделенных группах циркона (табл. 1, 2; [9]). Содержание Ca и Ti не обнаруживает положительной связи при содержании Ti менее 100 ppm (рис. 9, *f*), при аномально высоком увеличении содержания Ti содержание Ca также увеличивается и может превышать 1000 ppm (табл. 2). Эта особенность подтверждает закономерное вхождение этих элементов в состав циркона при наложенных гидротермально-метасоматических процессах.

Ранее для разделения магматических и гидротермально-метасоматических цирконов было предложено использовать дискриминационные диаграммы, где метасоматические цирконы занимают фигуративное поле, характеризующееся отсутствием Ce-аномалии, пологим характером спектра в области LREE (рис. 10, *a, b*; [22]). Неизмененные цирконы как проявления Ичетью, так и Пижемского месторождения либо соответствуют полю магматических цирконов, либо тяготеют к нему, а измененные цирконы в поле метасоматических цирконов вообще не попадают. Особенно хорошо это заметно на диаграмме соотношения величин Ce- и Eu-аномалии (рис. 10, *c*). Неоднозначность выделения полей цирконов на этой диаграмме и, как следствие, возможность ее применимости отмечались в ряде работ [25].

Выводы

Проведенное впервые локальное изотопно-геохимическое исследование циркона из полиминерального проявления Ичетью и сравнение полученных данных с опубликованными нами ранее данными для циркона из сходного и территориально сопряженного Пижемского месторождения титана на Среднем Тимане [9] позволяют сделать следующие выводы.

1. Общей закономерностью распространенности значений возраста для циркона из проявления Ичетью является резкое преобладание протерозойских значений U-Pb-возраста в интервале примерно от 2000 до 1000 млн лет. Присутствуют два узких конкордантных кластера: один древний, с возрастом (1751 ± 15) млн лет, второй более молодой, с возрастом (1483 ± 10) млн лет. Они отвечают контрастным максимальным пикам на относительной вероятности распространенности U-Pb-возраста (рис. 6, *a*). В настоящее время недостаточно сведений, чтобы увязать эти возрастные интервалы с конкретными геологическими событиями на Тимане, это предстоит сделать в будущем по мере поступления новых данных. Аналогичные построения для циркона из Пижемского месторождения [9] также показали преобладание отметок возраста в интервале 900–2000 млн лет (рис. 6, *b*). Для циркона из проявления Ичетью и из Пижемского месторождения в целом совпадают отметки наиболее проявленных пиков распределения возраста как в области протерозойских значений, так и в области архейских значений. В целом сравнение относительной распространенности значений возраста для циркона из проявления Ичетью и Пижемского месторождения подтверждает единый источник циркона для этих двух сопряженных промышленных объектов. Наличие не только протерозойских, но и архейских датировок циркона свидетельствует о поступлении циркона из различных по глубине залегания пород фундамента в районе Среднего Тимана.

2. По содержанию редких и редкоземельных элементов в цирконе из проявления Ичетью выделяется группа аномальных по составу зерен циркона, отличающаяся по-

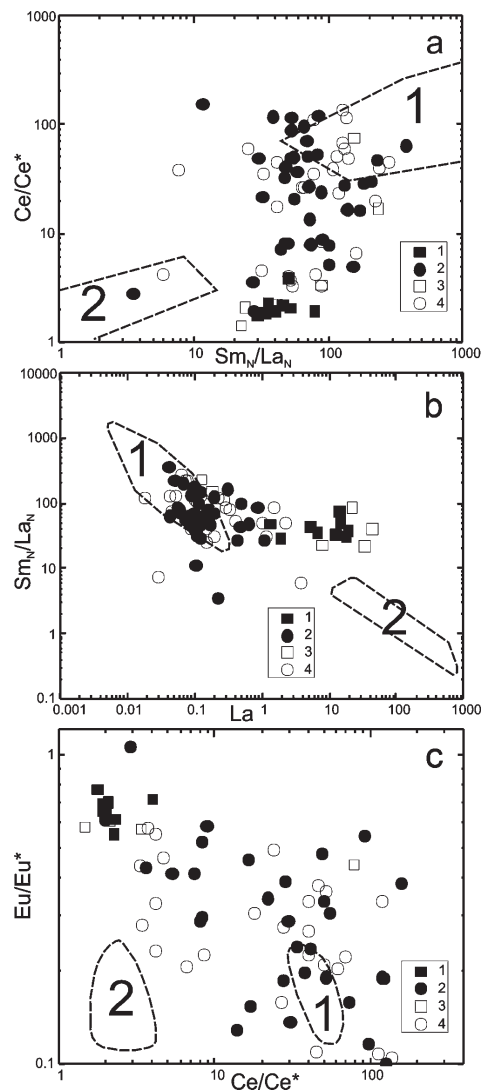


Рис. 10. Соотношение Sm_N/La_N -Ce/Ce* (*a*), $La-Sm_N/La_N$ (*b*) и Ce/Ce*-Eu/Eu* (*c*) для циркона. Показаны поля составов магматического (1) и метасоматического (2) циркона по [21, 24]. Условные обозначения для фигуративных точек циркона совпадают с рис. 9

Fig. 10. Ratio Sm_N/La_N -Ce/Ce* (*a*), $La-Sm_N/La_N$ (*b*) and Ce/Ce*-Eu/Eu* (*c*) for zircons. Fields of composition of magmatic (1) and hydrothermal-metasomatic zircons (2) are shown [21, 24]. Symbols for figurative points of zircon coincide with Fig. 9

вышенным содержанием практически всех проанализированных элементов и характерным выположенным профилем распределения REE. Невошедший в эту группу циркон имеет черты геохимии циркона магматического генезиса, но в то же время демонстрирует единые тренды вариации состава вместе с измененным цирконом (рис. 7). Обнаруживается практически полное перекрытие полей составов по целому ряду несовместимых элементов-примесей циркона из проявления Ичетью и циркона из Пижемского месторождения. Рассмотренные особенности изменения состава циркона (значительный привнос Y, REE, P, Ca при подчиненном увеличении содержания Th и U) свидетельствуют о гидротермально-метасоматическом характере этого процесса, косвенно подтверждая точку зрения о флюидизатно-туфизитовом генезисе проявления Ичетью.

3. Метасоматический характер увеличения содержания Ti в цирконе вплоть до аномально высоких значений (300–400 ppm) исключает возможность использования



титанового термометра, по крайней мере для измененных разновидностей циркона. Известные более 10 лет дискриминационные диаграммы для метасоматических и магматических цирконов требуют серьезной корректировки в части конфигурации полей составов.

Авторы благодарят С. Г. Симакина, Е. В. Потапова (ЯФ ФТИАН) и сотрудников ЦИИ ВСЕГЕИ за аналитические исследования циркона, выполненные при финансовой поддержке РФФИ (гранты 16-05-00125 и 17-35-50003). Часть исследования выполнена в рамках НИР ИГЕМ РАН № 72-8 «Эволюция россыпеобразующих систем в процессе литогенеза: от мобилизации вещества до россыпей дальнего сноса».

Литература

1. *Взаимоотношение алмаза и карбонадо (по материалам исследования бразильской и среднетиманской коллекций)* // А. Б. Макеев, В. Иванух, С. К. Обыден и др. / Доклады АН. 2003. Т. 393. № 3. С. 393—397.

2. *Игнатьев В. Д., Бурцев И. Н.* Лейкоксен Тимана: Минералогия и проблемы технологии. СПб.: Наука, 1997. 215 с.

3. *Калюжный В. А.* Некоторые черты ильменито-лейкоксеноносных осадочно-метаморфических фаций сланцев и связанные с ними россыпи на Тимане // Геология и полезные ископаемые северо-востока европейской части СССР и севера Урала. Сыктывкар, 1965. С. 467—473.

4. *Колокольцев В. Г., Лисицына М. А.* О гидротермально-метасоматическом генезисе лейкоксеновых руд Ярегского месторождения (Южный Тиман) // Вулканогенно-осадочное рудообразование. СПб., 1992. С. 89—91.

5. *Макеев А. Б.* Пижемское титановое месторождение — флюидизатная кальдера в Пижемской депрессии (Средний Тиман) // Геохимия литогенеза: Материалы Российского совещания с международным участием (Сыктывкар, 17—19 марта 2014 г.). Сыктывкар: Геопринт, 2014. С. 86—89.

6. *Макеев А. Б.* Типоморфные особенности минералов титановых руд Пижемского месторождения // Минералогия. 2016. № 1. С. 24—49.

7. *Макеев А. Б., Брянчанинова Н. И.* Лампрофиры Четласского Камня (Средний Тиман) // Региональная геология и металлогения. 2009. № 37. С. 51—73.

8. *Макеев А. Б., Дудар В. А.* Минералогия алмазов Тимана. СПб.: Наука, 2001. 336 с.

9. *Макеев А. Б., Красоткина А. О., Скублов С. Г.* Геохимия и U-Pb-возраст циркона Пижемского титанового месторождения (Средний Тиман) // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2016. № 5. С. 38—52.

10. *Макеев А. Б., Лютюев В. П.* Спектроскопия в технологической минералогии, минеральный состав концентратов титановых руд Пижемского месторождения (Средний Тиман) // Обогащение руд. 2015. № 5 (359). С. 33—41.

11. *Макеев А. Б., Носик Л. П.* Химический и изотопный состав сидерита Пижемского месторождения (Средний Тиман) // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Материалы XV Геологического съезда Республики Коми. Т. II. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2009. С. 277—279.

12. *Макеев А. Б., Скублов С. Г.* Иттриево-редкоземельные цирконы Тимана: геохимия и промышленное значение // Геохимия. 2016. № 9. С. 821—828.

13. *Пижемское титановое месторождение: проблемы генезиса* // А. Б. Макеев, В. Т. Дубинчук, Л. З. Быховский и др. / Материалы XIV межд. совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания (РКВ-2010). Новосибирск, 2010. С. 417—422.

14. *Плякин А. М., Ершова О. В.* История открытия и изучения Умбинско-Средненского полиминерального месторождения // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2011. № 7. С. 25—29.

15. *Скублов С. Г., Березин А. В., Бережная Н. Г.* Общие закономерности состава цирконов из эклогитов по редким элементам применительно к проблеме возраста эклогитов Беломорского подвижного пояса // Петрология. 2012. Т. 20. № 5. С. 470—494.

16. *Удуратина О. В., Капитанова В. А.* Геохронология пород субстрата и руд редкометалльно-редкоземельных месторождений и рудопоявлений на севере Урала и Тимане // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2016. № 4(28). С. 85—100.

17. *Федотова А. А., Бибикина Е. В., Симакин С. Г.* Геохимия циркона (данные ионного микрозонда) как индикатор генезиса минерала при геохронологических исследованиях // Геохимия. 2008. № 9. С. 980—997.

18. *Чернышев И. В., Макеев А. Б., Гольцман Ю. В., Брянчанинова Н. И.* Возраст титановых месторождений северо-востока Восточно-Европейской платформы: Rb-Sr-данные // Доклады АН. 2010. Т. 435. № 3. С. 378—383.

19. *Fu B., Page F. Z., Cavosie A. J., Fournelle J., Kita N. T., Lackey J. S., Wilde S. A., Valley J. W.* Ti-in-zircon thermometry: applications and limitations. Contrib. Mineral. Petrol. 2008. Vol. 156. P. 197—15.

20. *Geisler T., Schleicher H.* Improved U-Th-total Pb-dating of zircons by electron microprobe using a simple new background modeling procedure and Ca as a chemical criterion of fluid-induced U-Th-Pb discordance in zircon. Chem. Geol. 2000. Vol. 163. P. 269—285.

21. *Harley S. L., Kelly N. M.* Zircon Tiny but Timely. Elements. Vol. 3. P. 13—18.

22. *Hoskin P. W. O.* Trace-element composition of hydrothermal zircon and the alteration of Hadean zircon from the Jack Hills, Australia. Geochim. Cosmochim. Acta. 2005. V. 69. P. 637—648.

23. *Hoskin P. W. O., Schaltegger U.* The composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis. Rev. Mineral. Geochem. 2003. Vol. 53. P. 27—62.

24. *McDonough W. F., Sun S.-S.* The composition of the Earth. Chem. Geol. 1995. Vol. 120. P. 223—253.

25. *Pelleter E., Cheilletz A., Gasquet D., Mouttaqi A., Annich M., Hakour A. E., Etienne Deloule E., Féraud G.* Hydrothermal zircons: A tool for ion microprobe U-Pb-dating of gold mineralization (Tamlalt—Menhouhou gold deposit — Morocco). Chem. Geol. 2007, V. 245, pp. 135—161.

26. *Watson E. B., Wark D. A., Thomas J. B.* Crystallization thermometers for zircon and rutile. Contrib. Mineral. Petrol. 2006. Vol. 151. P. 413—433.

27. *Williams I. S.* U-Th-Pb geochronology by ion microprobe. In: Applications of microanalytical techniques to understanding mineralizing processes (Eds. M. A. McKibben, W. C. Shanks III and W. I. Ridley). Rev. Econ. Geol. 1998, V. 7, pp. 1—35.

References

1. *Makeyev A. B., Ivanuch V., Obyden S. K., Bryanchaninova N. I., Ivannikov P. V., Saparin G. V.* *Vzaimootnoshenie almaza i karbonado (po materialam issledovaniya brazil'skoi i srednetiman'skoi kolleksii)* (Mutual relation between diamond and carbonado (on materials of Brazilian and Middle Timans collections)). Doklady Earth Sciences, 2003, V. 393A, No. 9, pp. 1251—1255.

2. Ignatiev D. V., Burtsev I. N. *Leikoksen Timana: Mineralogiya i problemy tehnologii* (The leucoxene of Timan: Mineralogy and problems of technology). St. Petersburg: Nauka, 1997, 215 p.
3. Kalyuzhny V. A. *Nekotorye cherty il'menito-leikoksenon-osnyh osadochno-metamorficheskikh fatsii slantsev i svyazannye s nimi rossypi na Timane* (Some features of ilmenite-leucoxene sedimentary-metamorphic facies of shales and associated deposits on the Timan). In: *Geology and minerals of the North-East of the European part of the USSR and the North of the Urals*. Syktyvkar, 1965, pp. 467–473.
4. Kolokoltsev V. G., Lisitsyna M. A. *O gidrotermal'no-metasomaticheskom genezise leikoksenovykh rud Yaregskogo mestorozhdeniya (Yuzhnyi Timan)* (On hydrothermal-metasomatic origin of leucoxene ore from Yarega deposit (South Timan)). In: *Volcanogenic-sedimentary ore formation*. St. Petersburg, 1992, pp. 89–91.
5. Makeyev A. B. *Pizhenskoe titanovoe mestorozhdenie — flyuidizatsionnaya kal'dera v Pizhenskoi depressii (Srednii Timan)* (Pizhensky titanium deposit — fluidized caldera in Pizhensky depression (Middle Timan)). In: *Geochemistry of lithogenesis: Materials of Russian Symposium with international participation* (Syktyvkar, 17–19 March 2014). Syktyvkar: Geoprint, 2014, pp. 86–89.
6. Makeyev A. B. *Tipomorfnye osobennosti mineralov titanovykh rud Pizhenskogo mestorozhdeniya* (Typomorphic features of minerals of titanium ores from the Pizhenskoe deposit). *Mineralogiya* (Mineralogy). 2016, No. 1, pp. 24–49.
7. Makeyev A. B., Bryanchaninova N. I. *Lamprofiry Chetlaskogo Kamnya (Srednii Timan)* (Lamprophyres of Chetlasky Kamen (Middle Timan)). *Regional Geol. Metallogeny*, 2009, V. 37, pp. 51–73.
8. Makeyev A. B., Dudar V. A. *Mineralogiya almazov Timana* (Diamond Mineralogy of the Timan). St. Petersburg: Nauka, 2001, 336 p.
9. Makeyev A. B., Krasotkina A. O., Skublov S. G. *Geohimiya i U-Pb-vozrast tsirkona Pizhenskogo titanovogo mestorozhdeniya (Srednii Timan)* (Geochemistry and U-Pb-age of zircon from Pizhenskoe titanium deposit (Middle Timan)). *Vestnik IG Komi SC UB RAS*. 2016, No. 5, pp. 38–52.
10. Makeyev A. B., Lyutoev V. P. *Spektroskopiya v tehnologicheskoi mineralogii, mineral'nyi sostav kontsentratsionnykh titanovykh rud Pizhenskogo mestorozhdeniya (Srednii Timan)* (Spectroscopy in technological mineralogy, mineral composition of concentrates of titanium ore from Pizhensky deposit (Middle Timan)). *Obogashchenie rud*, 2015, No. 5(359), pp. 33–41.
11. Makeyev A. B., Nosik L. P. *Himicheskii i izotopnyi sostav siderita Pizhenskogo mestorozhdeniya (Srednii Timan)* (The chemical and isotopic composition of siderite Pizhenskoe deposit (Middle Timan)). In: *Geology and mineral resources of the European North-East of Russia: Materials of XV Geology Congress of the Komi Republic*. V. II, Syktyvkar: Institute of geology Komi SC UB RAS, 2009, pp. 277–279.
12. Makeyev A. B., Skublov S. G. *Ittrievo-redkozemel'nye tsirkony Timana: geohimiya i promyshlennoe znachenie* (Yttrium-rare-earth zircons Timan: geochemistry and industrial value). *Geochemistry International*, 2016, V. 54, No. 9, pp. 788–794.
13. Makeyev A. B., Dubinchuk V. T., Bykhovsky L. Z., Lalomov A. V., Makeev B. A. *Pizhenskoe titanovoe mestorozhdenie: problema genezisa* (Pizhensky titanium deposit: Genesis). In: *Materials of XIV Intern. meeting on Geology of placers and weathered rock deposits (PWR-2010)*. Novosibirsk, 2010, pp. 417–422.
14. Plyakin A. M., Ershova O. V. *Istoriya otkrytiya i izucheniya Umbinsko-Srednenskogo polimineral'nogo mestorozhdeniya* (The history of the discovery and study of the Umba-Srednenskogo polymineral deposit). *Vestnik IG Komi SC UB RAS*, 2011, No. 7, pp. 25–29.
15. Skublov S. G., Berezin A. V., Berezhnaya N. G. *Obshchie zakonomernosti sostava tsirkonov iz eklogitov po redkim elementam primenitel'no k probleme vozrasta eklogitov Belomorskogo podvizhnogo poyasa* (General relations in the trace-element composition of zircons from eclogites with implications for the age of eclogites in the Belomorian Mobile Belt). *Petrology*, 2012, V. 20, No. 5, pp. 470–494.
16. Udoratina O. V., Kapitanova V. A. *Geohronologiya porod substrata i rud redkometall'no-redkozemel'nykh mestorozhdenii i rudoproyavlenii na severe Urala i Timane* (Geochronology of the rocks of the substrate and ores of rare metal — rare earth deposits and ore occurrences in the north of the Urals and Timan). *Proceedings of the Komi Science Centre Ural Branch Russian Academy of Sciences*, 2016, No. 4(28), pp. 85–100.
17. Fedotova A. A., Bibikova E. V., Simakin S. G. *Geohimiya tsirkona (dannye ionnogo mikrosonda) kak indikator genezisa minerala pri geohronologicheskikh issledovaniyakh* (Ion-microprobe zircon geochemistry as an indicator of mineral genesis during geochronological studies). *Geochemistry International*, 2008, V. 46, No. 9, pp. 912–927.
18. Chernyshev I. V., Makeyev A. B., Goltsman Yu. V., Bryanchaninova N. I. *Vozrast titanovykh mestorozhdenii severovostoka Vostochno-Evropeiskoi platformy: Rb-Sr-dannye* (Age of titanium deposits of the Northeastern part of the Eastern European Platform: Rb-Sr data). *Doklady Earth Sciences*, 2010, V. 435, Part 1, pp. 1524–1528.
19. Fu B., Page F. Z., Cavosie A. J., Fournelle J., Kita N. T., Lackey J. S., Wilde S. A., Valley J. W. *Ti-in-zircon thermometry: applications and limitations*. *Contrib. Mineral. Petrol.* 2008. V. 156, pp. 197–215.
20. Geisler T., Schlicher H. *Improved U—Th—total Pb dating of zircons by electron microprobe using a simple new background modeling procedure and Ca as a chemical criterion of fluid-induced U—Th—Pb discordance in zircon*. *Chem. Geol.* 2000, V. 163, pp. 269–285.
21. Harley S. L., Kelly N. M. *Zircon Tiny but Timely*. *Elements*. V. 3, pp. 13–18.
22. Hoskin P. W. O. *Trace-element composition of hydrothermal zircon and the alteration of Hadean zircon from the Jack Hills, Australia*. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 2005, V. 69, pp. 637–648.
23. Hoskin P. W. O., Schaltegger U. *The composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis*. *Rev. Mineral. Geochem.* 2003, V. 53, pp. 27–62.
24. McDonough W. F., Sun S.-S. *The composition of the Earth*. *Chem. Geol.* 1995, V. 120, pp. 223–253.
25. Pelletier E., Cheilletz A., Gasquet D., Mouttaqi A., Annich M., Hakour A. E., Etienne Deloule E., Féraud G. *Hydrothermal zircons: A tool for ion microprobe U—Pb dating of gold mineralization (Tamlalt—Menhouhou gold deposit — Morocco)*. *Chem. Geol.* 2007, V. 245, pp. 135–161.
26. Watson E. B., Wark D. A., Thomas J. B. *Crystallization thermometers for zircon and rutile*. *Contrib. Mineral. Petrol.* 2006, V. 151, pp. 413–433.
27. Williams I. S. *U—Th—Pb geochronology by ion microprobe*. In: *Applications of microanalytical techniques to understanding mineralizing processes* (Eds. M.A. McKibben, W.C. Shanks III and W.I. Ridley). *Rev. Econ. Geol.* 1998. V. 7, pp. 1–35.



Хроника, события, факты • Chronicle, events, facts



СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТРУДНООБОГАТИМЫХ РУД И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

(МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПЛАКСИНСКИЕ ЧТЕНИЯ — 2017»)

MODERN PROBLEMS OF COMPLEX PROCESSING OF REBELLIOUS ORES AND TECHNOGENIC RAW

(INTERNATIONAL CONFERENCE «PLAKSIN READINGS — 2017»)

Information on the International Conference «Modern Problems of Complex Processing of Rebellious Ore and Technogenic Raw» (Plaksin Readings — 2017) is given. The meeting was held on September 12—15, 2017 in Krasnoyarsk on the basis of the Siberian Federal University. The conference considers Plaksin Readings — 2017 as a platform for preparation for the International Mineral Processing Congress in 2018 in Moscow (www.impc2018.com).

С 11 по 15 сентября в Красноярске состоялись IX Международный конгресс и выставка «Цветные металлы и минералы — 2017», в рамках которых прошли отраслевые конференции: XXIII — «Алюминий Сибири», XI — «Металлургия цветных, редких и благородных металлов», XIII — «Золото Сибири». В этом году впервые в рамках конгресса было проведено международное совещание «Современные проблемы комплексной переработки труднообогатимых руд и техногенного сырья» (Плаксинские чтения — 2017). Участниками конгресса и выставки 2017 года стали 750 специалистов из 174 компаний 24 стран мира, среди которых 8 академиков РАН, 70 докторов и кандидатов наук, более 40 аспирантов и молодых ученых.

Программа конгресса включала следующие мероприятия:

- установочные лекции ведущих ученых России, Швейцарии, Великобритании, Новой Зеландии, Китая, США, Норвегии и ОАЭ по получению и литью алюминия и сплавов;
- тематические секционные заседания;
- круглые столы;
- именные симпозиумы выдающихся деятелей науки и производства;
- семинары.

Параллельно конгрессу проходила промышленная выставка, где 47 российских и зарубежных компаний представили свои разработки, технологии, материалы и оборудование для горно-металлургической промышленности, провели встречи, переговоры и семинары.

Помимо деловой части конгресса участники посетили экскурсии на промышленные предприятия и в научные центры Красноярского края, а в рамках культурно-развлекательной программы посетили достопримечательности Красноярского края, природный заповедник «Столбы».

Более детально остановимся на международной конференции «Современные проблемы комплексной переработки труднообогатимых руд и техногенного сырья» (Плаксинские чтения — 2017), которую провели научный совет РАН по проблемам обогащения полезных ископаемых, Инсти-

тут проблем комплексного освоения недр РАН и Сибирский федеральный университет. Совещание состоялось 12—15 сентября 2017 г. в Красноярске на базе Сибирского федерального университета. В нем участвовали 225 человек (из них 48 молодых ученых) из 40 организаций, в том числе 10 академических и 9 отраслевых институтов, 8 вузов, 10 горно-обогатительных и металлургических предприятий. В качестве докладчиков в конференции приняли участие 6 членов Российской и национальных академий наук, 35 докторов наук, 62 кандидата наук. Конференция прошла на высоком научном и организационном уровне. Представленные на конференции доклады продемонстрировали высокий интерес российской и международной научной общественности к затронутым вопросам развития горно-перерабатывающей промышленности. В совещании участвовали представители России, Казахстана, Украины. Представленные на конференции доклады свидетельствуют, что теория и практическая работа в области обогащения и глубокой переработки руд развивается в направлении междисциплинарных исследований в области применения комбинированных процессов извлечения труднообогатимого тонкодисперсного ценного компонента с широким привлечением современного оборудования, физико-химических методов модификации свойств минерального сырья и глубокого изучения его вещественного состава с использованием современных методов техноло-



Бизнес-центр «Сибирь»

Business Center «Siberia»

гической минералогии. На конференции ведущими специалистами было представлено 9 пленарных докладов, охвативших весь спектр актуальных вопросов отрасли:

— «Современные проблемы комплексной переработки труднообогатимых руд и техногенного сырья» — Чантурия В. А., Козлов А. П. (ИПКОН РАН, Москва; Геологический музей им. В. И. Вернадского РАН, Москва);

— «Дезинтеграция и сепарация природных и искусственных материалов как сырьевая база аддитивных технологий» — Вайсберг Л. А. (НПК «Механообр-техника», Санкт-Петербург);

— «Разработка интеллектуальной технологии мониторинга и управление качеством рудопотоков при добыче и переработке многокомпонентных руд» — Макаров В. А. (Сибирский федеральный университет, Красноярск);

— «Интервенция минералогии в технологии переработки труднообогатимых полезных ископаемых» — Котова О. Б., Ожогина Е. Г., Рогожин А. А. (ИГ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; ВИМС, Москва);

— «Перспективы использования нанотехнологических методов и подходов в технологии первичной переработки минерального сырья» (Сибирский федеральный университет, Красноярск);

— «Горнопромышленные отходы: ресурсный потенциал и технологии переработки (на примере Сибири и Урала)» — Шадрюнова И. В., Зелинская Е. В., Волкова Н. А., Орехова Н. Н. (ИПКОН РАН, Москва; Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск; ООО «УГМК-холдинг», Верхняя Пышма; Магнитогорский технический университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск);

— «Исследование, разработка и апробация новых классов флотационных реагентов для извлечения цветных и благородных металлов из труднообогатимых руд» — Матвеева Т. Н., Иванова Т. А. (ИПКОН РАН, Москва);

— «Перспективы внедрения инноваций в экономику России» — Мельников Н. Н., Скороходов В. Ф., Месяц С. П. (Горный институт Кольского НЦ РАН, Апатиты).

На секции «Технологическая минералогия. Дезинтеграция и рудоподготовка» заслушан 21 доклад, 6 из которых сделаны молодыми учёными и аспирантами. В докладах рассмотрены минералогические особенности рудного и техногенного сырья, влияющие на технологию переработки. Предложены специальные методы рудоподготовки для обогащения труднообогатимых тонковкрапленных руд, современные футеровочные материалы для измельчительного оборудования, новые методы вскрытия и активирования минеральных комплексов при переработке труднообогатимых руд. Показаны перспективы развития предварительного радиометрического обогащения.

На секции «Флотация, гравитация, магнитная и электромагнитная сепарация» заслушано 25 докладов, 11 из них сделаны молодыми учеными и аспирантами. В докладах представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований механизма действия флотационных реагентов и энергетических воздействий с применением прецизионных аналитических методов и квантово-химических расчётов. Были заслушаны результаты исследований по использованию наночастиц для извлечения минералов цветных и благородных металлов из растворов, использованию электрохимической технологии водоподготовки и подготовки реагентов для повышения технологических показателей переработки редкометаллических танталониевых руд и железистых кварцитов, повышения эффектив-



Первый день конгресса. Пленарный доклад Института геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар (Котова О. Б.) и ВИМС, Москва (Е. Г. Ожогина, А. А. Рогожин)

The first day of the Congress. Plenary report of the Institute of Geology, Komi SC UB RAS, Syktyvkar (Kotova O.B.) and IMR, Moscow (E.G. Ozhogina, A.A. Rogozhin)

ности переработки углистых золотосодержащих руд, упорных руд с высоким карбонатным модулем, комплексных оловосодержащих руд. Представлены новые достижения в области создания реагентов и применения композитных реагентных режимов при флотации шеелитовых, медно-никелевых, упорных колчеданных медьсодержащих руд, полиметаллических руд. Показаны перспективы использования численных методов прогнозирования результатов флотационного обогащения по качеству исходного питания. Предложено промышленное применение метода азотирования ферросилициевой суспензии в процессе тяжелосредной сепарации алмазосодержащих кимберлитов, винтовой сепарации, модернизированных круглых концентраторных столов, флеш-флотации, флотоклассификации для комплексной переработки труднообогатимых руд и техногенного сырья.

На секции «Комплексная переработка минерального сырья, гидрометаллургические процессы» заслушано 24 доклада, из которых 5 сделаны молодыми учеными. В докладах представлены результаты исследований в направлении комплексной переработки труднообогатимого медьсодержащего сырья; влияния энергетических воздействий на извлечение циркония и гафния из эвдиалитового концентрата; обоснования условий выщелачивания ценных элементов из тонкодисперсной золы уноса сжигания угля; создания перспективных технологических решений при переработке литийсодержащего сырья, изучения сорбционных свойств электрохимически модифицированного сапонитового продукта. Предложены решения по маловодной технологии обогащения силвинита, выбору рациональной гидрометаллургической переработки комплексных труднообогатимых редкоземельно-редкометаллических руд, воздушной классификации хромитовой руды. Рассмотрены термодинамические и кинетические проблемы процессов при металлургической переработке концентратов обогащения различного состава.

На секции «Переработка техногенного сырья. Экологические и экономические аспекты» заслушано 25 докладов, из которых 7 представлены молодыми учеными и



аспирантами. Обсуждены проблемы реабилитации территорий, занятых отходами горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, обезвреживания отходов, практического использования техногенного минерального сырья с извлечением ценных компонентов и одновременным получением дополнительной, востребованной в народном хозяйстве продукции с использованием существующих адаптированных и новых ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий. Рассмотрены вопросы комплексного освоения техногенного сырья различного минерального состава с целью увеличения полноты извлечения ценных компонентов, снижения накопленного вреда окружающей среде, восстановления нарушенных территорий горнопромышленных регионов.

В рамках Плаксинских чтений — 2017 была проведена молодежная научная школа, на которой отдельно было представлено свыше 35 сообщений молодых специалистов и аспирантов. Всего в слушаниях на конференции приняли участие 110 молодых ученых, аспирантов и студентов старших курсов высших учебных заведений.

В своем Решении конференция отметила целесообразность расширить фундаментальные и прикладные исследования по инновационным технологиям и фундаментальным направлениям в области переработки полезных ископаемых, обеспечивающих полноту использования природного и техногенного нетрадиционного минерального сырья с получением высококачественных готовых продуктов, включая следующие приоритеты:

— научное обоснование минералогических особенностей технологических свойств и обогатимости нетрадиционного минерального сырья на основе применения комплекса современных методов минералого-технологического анализа, адаптированных для решения технологических задач;

— разработку на основе фундаментальных исследований элементарного акта флотации и химических свойств новых классов флотационных реагентов, обеспечивающих увеличение полноты и качества извлечения цветных и благородных металлов на микро- и наноуровнях из труднообогатимых руд и техногенного сырья сложного вещественного состава;

— теоретическое обоснование и развитие комплексных технологий при переработке труднообогатимых многокомпонентных руд: редкометалльных, медных и др.;

— формирование системного методологического подхода к изучению и комплексному освоению техногенного минерального сырья на основе принципов адаптации.

На совещании были вручены грамоты и подарки молодым ученым, представившим наиболее интересные теоретические и экспериментальные результаты исследований в области охраны окружающей среды, обогащения и глубокой комплексной переработки минерального сырья.

Материалы конференции опубликованы в сборнике «Современные проблемы комплексной переработки труднообогатимых руд и техногенного сырья» (Плаксинские чтения — 2017): материалы межд. конф. (Красноярск, 12—15 сентября 2017 г.). Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2017. 452 с. ISBN 978-5-7638-3734-6 и размещены на сайте научной библиотеки Сибирского федерального университета — <http://catalog.sfu-kras.ru/> и на Российском информационно-аналитическом портале «Научная электронная библиотека» — <https://elibrary.ru>.

Конференция рассматривает прошедшие Плаксинские чтения — 2017 как площадку для подготовки к Всемирному конгрессу обогатителей IMPC-2018 в Москве (www.impc2018.com).

Д. г.-м. н. О. Котова



ПУТЬ В НАУКУ НАЧИНАЕТСЯ СО СТУДЕНЧЕСКОЙ СКАМЬИ PATH TO SCIENCE STARTS FROM STUDENTSHIP

On October 26, 2017, the 20th scientific conference «Geological and archaeological researches in the Timan-Northern Ural region» was held, as was planned by the decision of the previous 19th conference [1]. This is a significant, jubilee date. This year the conference was held for the twentieth time, a remarkable time for holding such a scientific event. It coincided with the All-Russian Science Festival in Komi Republic, which is held by Syktyvkar State University named after Pitirim Sorokin.

26 октября 2017 года состоялась очередная 20-я научная конференция «Геолого-археологические исследования в Тимано-Североуральском регионе» [1]. 20 лет — это солидный срок проведения такого научного мероприятия. Конференция была приурочена к Всероссийскому фестивалю науки в Республике Коми, который проводится Сыктывкарским государственным университетом имени Питирима Сорокина.

Традиционно организаторами конференции являлись Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, Институт языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, но в этом году их круг расширился за счет Коми республиканского отделения Российского географического общества. Основная идея конференции — объединение в единой программе молодежного потенциала естествен-

ных и гуманитарных коллективов вузов и академических организаций, студентов, аспирантов, молодых исследователей. Конференция проводится сразу по окончании полевого сезона, на ней в основном обсуждаются материалы, полученные в результате экспедиционных исследований и находящиеся в стадии только предварительной обработки.

Поскольку конференция была юбилейной, напомним ее историю. Первая конференция состоялась в 1998 году под эгидой ФЦП «Интеграция». Ее организатором и вдохновителем был академик Николай Павлович Юшкин, выдающийся ученый, заведующий кафедрой геологии СГУ. К каждой конференции издавался сборник докладов, который практически стал периодическим изданием с выходом 1 раз в год. Начиная с 2000 года, после 3-й конференции [4], работа постоянно освещалась в прессе, а так-



Участники 20-й научной конференции

Participants of the 20th Scientific Conference

же в *Вестнике* института геологии Коми НЦ УрО РАН [2, 3 и др.].

С тех пор постоянно расширялась география участников конференции, возрастало количество статей, подаваемых молодыми исследователями из других вузов и академических организаций, так что конференция уже перешагнула региональный уровень и стала известной в стране. Участие в конференциях способствует повышению мобильности и научному развитию студентов, позволяет им обсудить результаты своих исследований в профессиональном сообществе. За прошедшие годы через участие в конференции прошли более 400 студентов. Для многих из них это стало первым шагом в науку, после окончания вузов они связали свою жизнь с научно-исследовательской деятельностью и защитили кандидатские диссертации.

Научная программа нынешней, двадцатой, междисциплинарной конференции объединяет несколько научных направлений — географию, историю географических и геологических открытий, геологию, археологию, археоминералогию, этнографию. Это позволяет студентам разных специальностей познакомиться и принять участие в обсуждении результатов работ в смежных областях знаний, расширить свой кругозор. В рамках нынешней конференции состоялся пленарный доклад доктора геолого-минералогических наук, главного научного сотрудника Института геологии им. академика Н. П. Юшкина Коми НЦ УрО РАН Владимира Ивановича Силаева «Минералого-геохимическая археология: объекты, методы, результаты».

С приветственным словом к молодым участникам конференции обратился доктор исторических наук, главный научный сотрудник ИЯЛИ Коми НЦ УрО РАН Павел Юрьевич Павлов — частый гость нашей конференции. Он отметил роль академика Н. П. Юшкина в организации и всемерной поддержке этой междисциплинарной конференции, его внимание к молодому поколению исследователей. П. Ю. Павлов подчеркнул важность и значение ежегодной конференции «Геолого-археологические исследования в Тимано-Североуральском регионе» для студентов, делающих свой первый шаг в науку, и молодых исследователей, пожелав ее участникам успешной и плодотворной работы.

В работе конференции приняли участие преимущественно студенты, аспиранты и молодые исследователи Сыктывкарского государственного университета (институт естественных наук, институт истории и права), Института геологии и Института языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН. Череповецкий государственный университет в этом году представляла В. П. Соболева. Гостями конференции были студенты-геологи Ухтинского государственного технического университета (О. Н. Токарев, Е. Ю. Кулакова, А. В. Белоруков, Р. В. Мосин, М. А. Октябрьский, Р. В. Серебряков) и студенты-археологи Пермского гуманитарно-педагогического университета (Л. В. Половников, Д. А. Демаков, Е. Н. Митрошин). Самый молодой участник конференции — А. В. Карманов, ученик СОШ № 25 (г. Сыктывкар). Заочные участники, статьи которых опубликованы в сборнике конференции, представляли Российский государственный профессионально-педагогический университет (филиал в Нижнем Тагиле), Удмуртский государственный университет, НПК «Недра-Сервис» и Институт археологии и этнографии СО РАН.

В заседаниях приняли участие более 50 человек. Вместе со студентами в зале присутствовали преподаватели СГУ, научные сотрудники Института геологии Коми НЦ УрО РАН и Института языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, руководители студенческих работ. Заслушано 15 устных и представлено 5 стендовых докладов. Большинство докладов были посвящены результатам экспедиционных исследований прошедшего полевого сезона, во время которого получены новые данные, сделаны интересные находки и открытия. После окончания полевого сезона прошло совсем немного времени, но полученные материалы уже частично обработаны.

Первым прозвучал доклад Т. Д. Мишиной «Открытие Печорского угольного бассейна». Результаты полевых исследований продемонстрированы в докладах А. А. Зубова (соавторы Т. Г. Шумилова, С. И. Исаенко) «Применение беспилотного летательного аппарата в геологической экспедиции на территории Карской астроблемы», А. В. Белорукова и Р. В. Мосина «Минералогия долинного комплекса реки Ухта», Е. Ю. Кулаковой «Процессы метамор-



физма на примере тулитового габбро Полярного Урала», *О. Н. Токарева и И. Л. Басмат* «Ордовикские кварцито-видные песчаники хребта Малдыньирд», *М. А. Октябрьского* «Особенности состава и строения метариолитов саб-легорской свиты Приполярного Урала», *Р. В. Серебрякова* «К вопросу о генезисе гранитов рапакиви».

Большой интерес вызвали доклады, посвященные более глубоким исследованиям вещественного состава пород и руд месторождений Урала: «Структурные компоненты известняков скелетного холма Писаный Камень (р. Унья, Северный Урал)» (*С. Н. Хомутильников*), «Геологическое строение и минеральный состав руд нижних горизонтов Воронцовского месторождения (Средний Урал)» (*А. О. Дуркина*), «Исследование разновидностей борнита Волковского месторождения (Средний Урал) в комбинированном свете» (*А. И. Морохин*).

Информация о новых раскопках и открытии новых памятников как в Тимано-Североуральском, так и в сопредельных регионах была представлена в докладах археологического блока. Это сообщения *Н. А. Волокитиной* «Археологические исследования в Ижемском районе Республики Коми в 2017 году», *А. Л. Белицкой и А. Г. Трошевой* «Подты-9 — новый памятник раннего железного века на Вычегде». Наша гостья из Череповецкого госуниверситета *В. П. Соболева* совместно со своим руководителем *Н. В. Косоруковой* представила интересный доклад «Раннемезолитическая стоянка Усть-Колпь-2 в бассейне Шексны». В раскопках этой стоянки она принимала непосредственное участие. Гости из Перми заинтересовали присутствующих новыми данными по своему региону: «Памятники эпохи мезолита и неолита на границах Пермского края» (*Д. А. Демаков, Е. Н. Митрошин*), «Условия обитания в жилищах родоновской культуры» (*Л. В. Половников*).

Завершилась конференция докладом *В. И. Силаева* «Минералого-геохимическая археология: объекты, методы, результаты». Минералого-геохимическая археология — это новое междисциплинарное направление, использующее современные минералогические и геохимические методы для изучения таких археологических объектов, как костные останки человека и животных. Знакомство с новым направлением исследования на стыке археологии, минералогии и геохимии оказалось весьма полезным и археологам, и геологам.

Стендовая секция конференции включала следующие доклады: «Анатолий Антонович Смилигин (к 90-летию со дня рождения)» (*М. Н. Антонова*), «Работы А. А. Битриха по географии Европейского Севера» (*Л. Е. Рябини-на*), «Определение относительной интенсивности и направленности неотектонических движений в пределах Джемшпарминского вала морфометрическими методами» (*Е. В. Бахарева, В. Ф. Лысова*), «Роль музея археологии в изучении первобытной истории (на примере школьного курса истории Древнего мира)» (*И. М. Тимушева, А. В. Карманов*).

Хотелось бы обратить внимание, что в сборнике докладов конференции можно найти много дополнительной интересной информации. С электронным вариантом сборника докладов «Геолого-археологические исследования в Тимано-Североуральском регионе» (том XX), содержащим 30 публикаций, можно ознакомиться по адресу:



На вопросы отвечает студентка Череповецкого госуниверситета
Вера Соболева

The questions are answered by the student of the Cherepovets State
University Vera Soboleva

http://geo.komisc.ru/science_results/scientific-publication/proceedingofmeetings/meetings/2017/595-stud-conf-2017

Участники активно обсуждали результаты исследований, дискутировали. По итогам конференции всем ее участникам вручены сертификаты, лучшие доклады отмечены дипломами I степени.

Организаторы конференции выражают благодарность руководителям студенческих работ — *В. И. Силину, А. Н. Сандуле, А. В. Волокитину, Т. И. Чудовой, И. М. Тимушевой, И. С. Котику, Ю. Б. Серикову, Н. Н. Косоруковой, Т. А. Овчаровой, Л. П. Бакулиной, В. Ф. Лысовой, Е. Г. Довжикиной, Т. Г. Шумиловой, Е. Л. Лычагиной, Н. Б. Крыласовой* и другим за активное участие в подготовке конференции, а также сотрудникам Института геологии Коми НЦ УрО РАН — *В. А. Капитановой, О. А. Молодцовой, Г. А. Каблису, А. Ю. Перетягину*, обеспечившим своевременную подготовку и издание сборника докладов конференции. Особую признательность выражаем руководству Института геологии и Сыктывкарского госуниверситета за поддержку конференции.

Литература

1. *Майорова Т. П.* Саммит молодых исследователей // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2016. № 10(263). С. 58—59.
2. *Майорова Т. П.* «Геолого-археологические исследования в Тимано-Североуральском регионе»: 10-я научная конференция // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2007. № 10(154). С. 18.
3. *Майорова Т. П.* «Геолого-археологические исследования в Тимано-Североуральском регионе»: 15-я научная конференция // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2012. № 10(214). С. 43—44.
4. *Юшкин Н.* Под эгидой «Интеграции» // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2000. № 10(82). С. 1.

К. г.-м. н. Т. Майорова

«ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ»: НОВЫЕ ПОДХОДЫ В МУЗЕЙНОЙ КОММУНИКАЦИИ У ШКОЛЬНИКОВ В ГЕОЛОГИЧЕСКОМ МУЗЕЕ ИМ. А. А. ЧЕРНОВА

«RECREATIONAL GEOLOGY»: NEW APPROACHES IN MUSEUM COMMUNICATION AMONG SCHOOLCHILDREN IN THE GEOLOGICAL MUSEUM NAMED AFTER A. A. CHERNOV

The staff of the Geological Museum named after A. A. Chernov uses new approaches to present minerals and rocks. The development of the modern natural science museum is demonstrated on the example of the active involvement of a visitor and recreational activities. New methods of communication and presentation of natural-scientific material to children's audience are proposed.

Keywords: *natural science museum, geology, children's audience, museum communication, Komi Republic.*

Естественно-научный музей несет триединую функцию — сохранение, исследование, представление музейного предмета, что делает его одним из главных звеньев в сохранении природного наследия для будущих поколений, а также основой экологического и культурно-эстетического воспитания. В экспозиции любого геологического музея естественным путем закладывается принцип представления о природе как определенном наборе ресурсов (полезных ископаемых). В результате после посещения таких экспозиций взрослый человек выходит с мыслью, что «на его век хватит», а маленькому посетителю экспозиция непонятна и зачастую неинтересна. Таким образом, основная задача современного естественно-научного музея — уйти от прагматичного и научного подхода экспонирования и вызвать у юного посетителя эмоционально-целостную реакцию на природные ресурсы. В настоящее время в музейной практике существует тенденция обращения к детской аудитории (дошкольного и школьного возраста), ведь именно эстетическое отношение человека к действительности может стать основой формирования целостной личности.

Геологический музей им. А. А. Чернова занимает весьма важное место в системе геологических организаций и музейных учреждений на территории северо-востока европейской части России. Разделы музейной экспозиции были разработаны около двадцати лет назад. Современный уровень геологических знаний, технологические возможности позволили скорректировать и модернизировать экспозицию. К настоящему моменту экспозиционная часть музея значительно расширена и составляет около 400 кв. м. Экспонаты демонстрируются в восьми выставочных залах: зале полезных ископаемых; минералогии; литологии; петрографии, истории геологических исследований, палеонтологии и стратиграфии, камнесамоцветного сырья и в зале «Ноев ковчег» (частная коллекция А. П. Боровинских). Ежегодно музей проводит 300 экскурсий (более 2 тыс. человек) для различных групп населения, более 50 % составляют экскурсии для учащихся школ и высших учебных заведений. На базе музея им. А. А. Чернова проводятся лекции для студентов Сыктывкарского госуниверситета, Сыктывкарского лесного института. Ежегодно организуются практические занятия по курсу общей геологии с основами палеонтологии для студентов химико-биологического факультета СГУ. Музей является постоянной базой для занятий со слушателями Малой академии старшеклассников Коми НЦ УрО РАН по специальности «геология». Для проведения уроков по краеведению и географии учителя многих школ г. Сыктывкара используют залы музея.

Создание новых экспозиций или обновление существующих позволили отразить основные направления геологических исследований и поисково-разведочных работ в Республике Коми, а новые методы и подходы экскурсионной деятельности — на современном уровне решить традиционные просветительские и образовательные задачи.

Неотъемлемой частью поиска эффективной системы работы с посетителями и создания новых принципов экспонирования геологического материала является изучение музейной аудитории (дети дошкольных образовательных учреждений, учащиеся, студенты). Экскурсионный опыт и психолого-физиологический подход к возрастному ранжированию учащихся, посещающих геологический музей, показал, что основной детский контингент посетителей может быть распределен по трем категориям. К первой категории отнесены дети дошкольного и младшего школьного возраста (от 6 до 9 лет). Было замечено, что, отождествляя неживую природу с живыми объектами, дети проявляют познавательный интерес к миру природы. Во время экскурсии проводится параллель роста кристаллов с развитием человека (способы, условия роста кристаллов кварца и соли). У этой группы посетителей активно развиты тактильные методы восприятия. Дети подросткового возраста (от 11 до 14 лет) наряду с познавательным интересом и тактильным методом восприятия информации проявляют высокий уровень стремления к взаимодействию с неживыми объектами. Обладая небольшим объемом энциклопедических знаний по геологии, данная группа посетителей отличается проявлением познавательного интереса в опыте, эксперименте, изучая магнитность, растворение, определяя твердость горных пород и минералов. Подростково-юношеский (от 14 до 18 лет) возраст детей отличается от предыдущих категорий проявлением персонализации. Это наиболее сложная категория детской аудитории. Неживая природа, т. е. каменный материал, для данной категории детей является менее интересным. У подростков уже сформирован интерес к миру неживой природы, и зачастую даже в одном классе высокий уровень знаний и эстетическое отношение к природе сочетаются с низкими показателями. На первое место в ходе экскурсии выходит информация по палеонтологическим остаткам. Подростки в большей степени осознают личную позицию в системе «я — природа». Для посетителей юношеского возраста экскурсия нацелена на эстетическое восприятие и экологическое взаимодействие человека с природой.

Экскурсии в геологический музей относятся к типу естественно-научных и имеют конкретно-тематический



(заказной), комплексный (обзорный) и проблемно-целенаправленный характер. Детское восприятие в значительной степени строится на сочетании рационального и эмоционального компонентов. На базе существующих экспозиций музея разработана комплексная модель образовательного процесса. На данный момент в музее реализуются в большей мере лишь «погружение» и самостоятельная работа школьников. В экспозиции зала «Полезные ископаемые» дети имеют возможность познать мир геологии не пассивно, через монотонную речь экскурсовода, а активно — в распознавании предметов на ощупь. В мировой музейной практике тактильный метод расценивается как новая образовательная технология, с помощью которой дети лучше усваивают материал. Друзы кварца и крупные образцы находятся не за стеклом, а в свободном доступе. Можно потрогать окаменелое дерево, уголь, погладить хорошо ограненные кристаллы кварца, ощутить, как пахнет нефть, поддержать в руках, рассмотреть золото в увеличительное стекло, попробовать соль.



Базальтовое волокно. Посещение музея учениками 4 класса школы № 18 г. Сыктывкара

Basalt fiber. Visit by pupils of the 4th grade, school No. 18, Syktyvkar



Тактильное и вкусовое восприятие каменной соли. Ученица 1 класса школы № 1 г. Сыктывкара

Tactile and taste perception of rock salt. A pupil of the 1st grade, school No. 1, Syktyvkar

Как показывает педагогический опыт, во время выполнения творческих заданий школьники становятся не объектом, а субъектом, равноправным партнером педагога в решении поставленных задач. В рамках совместной работы с художественной школой г. Сыктывкара в залах нашего музея были проведены занятия для юных художников. Экспонаты естественно-научного музея (минералы, горные породы, фигурки из камня, костные остатки вымерших организмов) интересны как новые объекты в изобразительном искусстве. Через художественные образы можно сделать вывод о восприятии детьми каменного материала. Так, для взрослого человека кварц выглядит простым бесцветным кристаллом, а в восприятии ребенка это целая палитра красок.



Друза кварца. Рисунок Н. Земской, 13 лет

Quartz druse. Drawing by N. Zemskaya, 13 years old

Дальнейшее совершенствование Геологического музея им. А. А. Чернова в меньшей степени связано с какими-то принципиальными перестройками основной экспозиции, а в большей — с углублением контакта с посетителями. В качестве одного из основных факторов развития следует рассматривать внешний экспозиционный фонд и специально организованные зоны для работы с детьми в рамках существующих экспозиций.

В современном мире технического прогресса школьники расширяют круг общения и познают окружающий мир с помощью компьютерных технологий. Одна из задач современного музея любой направленности — оторвать детей от компьютерных мониторов с виртуальной жизнью или сделать так, чтобы время, проведенное за компьютером, не было бессмысленным. Придерживаясь данной цели, мы открыли выставку «Минералы в компьютерных играх». Идею выставки подсказали сами дети, которые, приходя в музей, задавали вопросы о некоторых редких минералах. Ребята рассказывали о том, что названия камней они узнали из компьютерных игр «Minecraft» и «Warcraft». Собранная информация по названиям камней, которые использованы в играх, дала возможность не только подобрать каменный материал для их иллюстрации, но и выделить названия камней, которые не встречаются в природе. Так, более 30 наименований минералов и руд разработчики компьютерных игр выдумали (зефирит, алисит, редстоун, талассит и др.).

Данная выставка привлекает внимание школьников тем, что сочетает естественный и вымышленный мир, заставляет осмысленно относиться к жизни. Приемы, использованные в выставочной деятельности, и подобран-



Составление литотеки «Каменная радуга». Л. Р. Жданова с ученицей 1 класса школы № 1 г. Сыктывкара

Drawing a litho-library «Stone Rainbow». L.R. Zhdanova with the pupil of the 1st grade, school No.1, Syktyvkar

ные образы позволяют говорить о том, что развивающие компьютерные игры могут считаться источником знаний.

Проведен опыт по изготовлению литотеки-сувенира «Каменная радуга». Цель программы заключалась в подборе камней по цвету радуги. Каждый участник проекта начал свою коллекцию с каменной палитры. Однако данные программы требуют особых условий в организации экспозиционного пространства. С помощью новых методов музейной деятельности, организационных форм, усовершенствования материально-технической базы можно более полно реализовать интеллектуальный и творческий потенциал школьников, всесторонне развить их способности. В дальнейшей работе геологического музея планируется расширить работу по моделированию изучаемых объектов и явлений, включить игровые методики, организовать эксперимент в музейно-экскурсионной среде. Временные выставки, открытие новых зон тактильного восприятия и творчества способствуют превращению пассивных потребителей музейной информации в активных участников культурно-коммуникационного процесса.

К. г.-м. н. И. Астахова, Л. Жданова

ХРАНИТЕЛЬ ФОНДОВ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ ИМ. А. А. ЧЕРНОВА

CUSTODIAN OF THE GEOLOGICAL MUSEUM NAMED AFTER A. A. CHERNOV

Alexandra Ivanovna Chumakova's 80th birthday is celebrated in 2017. For more than thirty-five years she worked as a junior researcher and a custodian of funds in the Geological Museum named after A. A. Chernov. Alexandra Ivanovna made a huge contribution to the acquisition and systematization of the funds, in the creation of temporary and permanent expositions.

Александра Ивановна Чумакова родилась 7 декабря 1937 года. В 1958 году окончила Иркутский геолого-разведочный техникум и до 1960 года работала старшим техником в экспедиции нерудных полезных ископаемых Бурятского геологического управления. В 1965 году окончила Московский геолого-разведочный институт. После окончания института работала геологом в Полярноуральской экспедиции Тюменского геологического управления, а затем в Зеленогорской экспедиции, где занималась поисками и геологической съемкой, участвовала в составлении геологической карты м-ба 1 : 1000000 на территории Полярного Урала.

В 1973 году поступила на работу в Институт геологии на должность старшего лаборанта, затем младшего научного сотрудника. Научные интересы А. И. Чумаковой затрагивали геологию колчеданных проявлений на Полярном Урале. Однако в 1981 г. она перешла в геологический музей института и стала хранителем фондов. Александра Ивановна провела большую работу по систематизации музейных коллекций, приобретению и сбору новых экспонатов. Огромную роль Александра Ивановна сыграла в



организации постоянной современной экспозиции музея, которая была сформирована в 1986—1990 гг. Активно проводила экскурсионную работу. В 1997 г. в соавторстве с С. И. Плосковой подготовила к публикации «Каталог монографических коллекций».

Находясь на заслуженном отдыхе, Александра Ивановна с трепетом рассказывает об истории комплектования фондов и интересуется современной музейной деятельностью. От всей души поздравляем Александру Ивановну с юбилеем! Желаем крепкого здоровья, семейного счастья и благополучия!

Сотрудники Геологического музея им. А. А. Чернова

НОВАЯ МИССИЯ АКАДЕМИЧЕСКИХ МУЗЕЕВ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

NEW MISSION OF ACADEMIC MUSEUMS OF THE FAR EAST

Creative methods and affordable technique of popularization activity, which are focused on a science-driven growth of various strata of society, are demonstrated as illustration of the Far East geological institute museum. Thematic cross-museum routes, which connect museum exhibitions with natural territories, help to create a unified educational space, to attract new audiences to the museum, to form a complete picture of the world.

Музеи Российской академии наук составляют одну из крупных музейных сетей в нашей стране. Музейное дело в союзе с наукой, искусством и образованием представляют собой главные государственные инструменты развития культуры общества, а значит и самого общества. Главные задачи, которые стоят перед музеями, — не только обеспечение исследовательского процесса через работу с научными коллекциями и сохранение научного наследия, но и научная просветительская работа для интеллектуального и эстетического развития широких слоев населения.

До 2015 г. основной целевой группой, на которую направлены образовательно-просветительные программы музеев ДВО РАН, были студенты, аспиранты и школьники средних и старших классов. Запрос местного сообщества на познавательные программы для детей и на доступную компетентную информацию по вопросам, связанным с природными объектами края, обозначился во время работы с разновозрастной аудиторией в рамках Всероссийского фестиваля науки в 2015 году. Понимая, что именно специалисты институтов ДВО могут создать обучающий контент для населения, ежегодно активно отдыхающего на побережье, мы решили разработать совместный проект с морской тематикой «Путешествие в науку. Наука в путешествии», объединивший пять музейных организаций ДВО РАН*, с целью сформировать образовательную среду, способствующую появлению новых смыслов в культуре традиционного для Приморского края отдыха на побережье.

Объединение музеев для создания семейных межмузейных маршрутов в формате игры-путешествия уже ста-

Скажи мне — и я забуду.

Покажи мне — и я запомню.

Дай мне действовать самому — и я научусь!

Конфуций

ли традиционными и популярными ежегодными событиями в России: в Санкт-Петербурге — с 2004 года, в Москве — с 2008 года, а с 2012 года и в Перми. К настоящему времени сложился круг специалистов, разрабатывающих программы и методики музейной работы с малышами [2].

На Дальнем Востоке межмузейный маршрут проектировался впервые, а осуществить его мы смогли благодаря финансовой поддержке Благотворительного фонда В. Потанина (в 2015 г. проект стал одним из победителей XII грантового конкурса «Меняющийся музей в меняющемся мире» в номинации «Музей и местное сообщество»). В рамках проекта прошли обучающие семинары (Н. Михайлова, г. Москва), были получены консультации (С. Пантюлина, г. Москва) и рекомендации по составлению содержательных и увлекательных путеводителей (Д. Агапова, Санкт-Петербург), изготовлена полиграфическая продукция с профессиональными иллюстрациями. В результате работы над проектом мы адаптировали экспозиционное пространство музеев для детей старшего дошкольного и младшего школьного возраста, придумали эксперименты и игровые задания для детей, разработали путеводители. В каждом музее определили игровой персонаж, который вел детей по маршруту, сообщал важную информацию и помогал выполнять задания, «провоцировал» любопытство и



Что общего у каменного угля с окаменелым деревом?

What does coal have in common with a petrified tree?



Геохронологическая шкала. Когда вымерли динозавры?

Geochronological scale. When did dinosaurs die?

*Музей Национального научного центра морской биологии ДВО РАН — инициатор и координатор проекта, музей «Природа моря и её охрана» Дальневосточного морского заповедника, филиала ННЦМБ ДВО РАН, Приморский океанариум — филиал ННЦМБ ДВО РАН, Минералогический музей Дальневосточного геологического института ДВО РАН, Ботанический сад-институт ДВО РАН.

наблюдательность маленьких посетителей. В музее Дальневосточного геологического института Песчинка (игровой персонаж путеводаителя) помогла детям увидеть морское побережье глазами геолога, узнать, какие строительные материалы и съедобные минералы хранит море, чем отличаются минерал и горная порода, из каких минералов состоит гранит, каких древних обитателей Японского моря можно обнаружить в скальных обнажениях о-ва Русский [3]. Выполняя предложенные задания, участники получали новые знания, которые в музее усваиваются быстрее и надолго запоминаются, особенно если созданы интересные образы, если есть возможность играть и фантазировать.

Маршрут 2016 года проходил в два этапа. На первом этапе — «В музеях» — участники с помощью игровых путеводаителей знакомились с экспозицией, проводили эксперименты, учились ориентироваться в мире минералов, прибрежной фауны и флоры и получали материалы для самостоятельного путешествия в специально подготовленном «Дневнике путешественника». Второй этап — «На море» — самостоятельные путешествия на побережье —



Название маршрута на обложке путеводаителя

Name of a route on the cover of the guide

проходил при поддержке открытой ресурсной виртуальной площадки с материалами для определения живых организмов, минералов, растений и возможностью задавать вопросы о своих находках научным консультантам. Основной целевой аудиторией проекта стали семейные группы с детьми 6—9 лет, ориентированные на познавательный досуг. Именно эта категория прежде в очень незначительной степени была представлена в музеях. Активность и энтузиазм принимавших участие в перечисленных мероприятиях — лучшее подтверждение того, что надо с ранних лет стимулировать самостоятельное исследование, открытие, совершаемое самим ребенком.

Знания и опыт, накопленные командой проекта в первый год работы, а главное общественное признание вдохновили нас на продолжение межмузейного маршрута в 2017 году. Руководитель проекта Л. Г. Кондрашова (координатор образовательных программ музея Национального научного центра морской биологии ДВО РАН) предложила новую концепцию — «В круге Жизни». Этот маршрут стал приглашением в путешествие, в котором каждая музейная экспозиция помогала открыть один из законов или забытых древних секретов жизни, знание которых людям необходимо для сохранения красоты и гармонии на Земле. В



Определяем под микроскопом ископаемые диатомовые водоросли

We determine fossil diatoms under the microscope

соответствии с этой концепцией в каждом музее были разработаны новые экспозиции и путеводаители.

В музее Дальневосточного геологического института был проиллюстрирован закон «Все в жизни меняется, ничто в мире не остается неизменным». В «академические» витрины музея с систематическим показом геологических коллекций была добавлена новая, адаптированная для детей 6—10 лет экспозиция по программе «Чудесные превращения камня». В ней участники маршрута узнали об изменениях, которые происходят с минералами и горными породами, и о том, что в природе существует круговорот не только воды, но и горных пород; познакомились с камнем-почтальоном, жар-камнем и его близкими родственниками. Дети вместе с родителями экспериментировали, диагностируя янтари (учились отличать природный янтарь от подделок); убедились, что состоящие из атомов углерода графит и алмаз резко отличаются по твердости, а посмотрев короткое видео «Рождение алмазов», узнали причину этого явления. Рассматривая ископаемые отпечатки растений и останки животных, характерные для разных геологических периодов, узнали неизвестные им ранее понятия «геохронологическая шкала», «окаменелость» и «отпечаток»; в каких условиях из древних растений миллионы лет назад образовался каменный уголь, а в каких — окаменелое дерево.

В 2017 г. на первом этапе музеи посетило от 140 до 200 семей с детьми от 6 до 14 лет из Владивостока, Надеждинска, Артема, Находки, Партизанска, Лесозаводска, Пограничного, Уссурийска, Дальнереченска, Дальнегорска, а также сотрудники музеев из городов Приморского края. Благодарные посетители в отзывах выразили надежду на продолжение межмузейного образовательного проекта в будущем году.

Как и в 2016 г., после прохождения в музеях обучающих маршрутов начинался второй этап — «На море», где отряды изучали морское побережье во время семейного отдыха, организовав свои исследовательские экспедиции. Задания, подкрепленные материалами по предложенной теме исследований, были подготовлены кураторами проекта в каждом музее и опубликованы на сайте (<http://naukamoredeti.ru/index.php/ru/>). Наша тема — «Геологическая работа моря», или Как море меняет Землю» предлагала обратить внимание на формы рельефа, созданные морем (волноприбойные ниши, клифы, арки, кекуры, пещеры и гроты) (<http://naukamoredeti.ru/images/>)



[naukamoredeti/files/grain.pdf](#)), и, возможно, дополнить список известных приморских прибрежных геологических структур новыми интересными находками. Все лето семейные отряды присылали фотографии, приносили камни, водоросли, ракушки и другие находки, задавали вопросы и получали необходимую информацию от специалистов, а консультирование и оперативные ответы на вопросы стимулировали их к продолжению исследований. Вопросы и ответы опубликованы в социальных сетях: <https://vk.com/scienceintravelprimorye>, <https://www.facebook.com/scienceintravelprimorye> и <https://www.facebook.com/FEGIDVORAN>. Для успешного прохождения семейными отрядами второго экспедиционного этапа маршрута на сайте ДВГИ появился новый раздел с материалами по геологии Приморья (ответы на вопросы и научно-популярные статьи, подготовленные научными сотрудниками ДВГИ): <http://fegi.ru/communication/186> и <http://fegi.ru/communication/178-prim>.

Таким образом, за два года в рамках проекта реализована серия событий, которые объединили посещение научных организаций Дальневосточного отделения РАН с самостоятельными путешествиями на морское побережье. Проект, рассчитанный на семейные группы с детьми старшего дошкольного и младшего школьного возраста, оказался интересен многим. Участие в проекте «Путешествие в науку. Наука в путешествии» позволило академическим музеям не только «открыться», творчески переосмыслить миссию академических музеев, апробировать новую модель взаимодействия «наука — общество» и привлечь новую категорию посетителей — семейные группы, но и сделать первые шаги к созданию единой межмузейной культурно-образовательной среды [1].

Литература

1. Кондрашова Л. Г., Черных Т. В. Путешествие в науку. Наука в путешествии // Музей. 2016. № 08 (119). С. 34—38.
2. Пантюлина С. Игровой путеводитель по музею: практ. рекомендации составителям // Музей как пространство образования: игра, диалог, культура участия. М., 2012. С. 84—94.
3. Соляник В. А., Скосарева Н. В. Первая музейно-экскурсионная программа в учреждениях ДВО РАН. Вестник ДВО РАН. 2016. № 3. С. 121—127.

References

1. Kondrashova L. G., Chernyh T. V. *Puteshestvie v nauku. Nauka v puteshestvii* (The travel to a science. A science in the travel). Journal «Museum». Moscow: Panorama, No. 08 (119), 2016, pp. 34—38.
2. Pantjulina S. *Igrovoi putevoditel po muzeyu: prakt. rekomendatsii sostavitelyam* (The game museum guidebook: practical recommendations to author) In: *Muzei kak prostranstvo obrazovaniya: igra, dialog, kul'tura uchastiya* (Museum as Education Area: game, dialogue, culture of participation). Moscow, 2012, pp. 84—94.
3. Solyanik V. A., Skosareva N. V. *Pervaya muzeino-ekskursionnaya programma v uchrezhdeniyah DVO RAN* (The first museum-excursion program in the Far East Branch institutes of the Russian Academy of Sciences). Bulletin of FEB RAS. 2016, No. 3, pp. 121—127.

С. н. с. Геолого-минералогического музея ФАНО
ФГБУН Дальневосточного геологического института
ДВО РАН В. Соляник

Хроника

3 ноября — Приказ № 886 «О реорганизации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук и создании Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук».

7 ноября — 80-летний юбилей хранительницы музея Александры Ивановны Чумаковой.

17 ноября — 85 лет со дня рождения к. г.-м. н. Лидии Александровны Анищенко, ведущего научного сотрудника.

20 ноября — 50 лет трудовой деятельности в институте Людмилы Петровны Морохиной.

24 ноября — 45 лет трудовой деятельности в институте д. г.-м. н. Юрия Андреевича Ткачева, главного научного сотрудника.

26 ноября — в Институте состоялась 26-я научная конференция «Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента».

Chronicle

November 3 — Order No. 886 «On reorganization of the Federal State Budgetary Institution of Science Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences» and establishment of the Federal State Budgetary Science Institution of the Federal Research Center «Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences».

November 7 — the 80th Anniversary of the curator of the museum Alexandra Ivanovna Chumakova.

November 17 — 85 years since the birthday of PhD Lidia Aleksandrovna Anishchenko, a leading researcher.

November 20 — 50 years of Lyudmila Petrovna Morokhina's work at the Institute.

November 24 — 45 years of work of DSc. Yury Andreevich Tkachev at the Institute, a chief researcher.

November 26 — the 26th scientific conference «Structure, matter, history of lithosphere of Timan-Northern Ural segment» was held at the Institute.

ПОВЕСТЬ О НАСТОЯЩЕМ ГЕОЛОГЕ

A TALE OF A REAL GEOLOGIST

Anishchenko Lidia Aleksandrovna (1932—2014) — a leading researcher, Candidate of geological and mineralogical sciences, a highly qualified specialist with international recognition in geology and geochemistry of oil and gas. She typified hydrocarbon systems of various oil and gas bearing complexes, comprehensively studied genetic types of hydrocarbon systems in the Timan-Pechora province, and proposed a model of their evolutionary and genetic development. In recent years, she paid a special attention to the naphthide genesis at large depths, zones of high temperatures and features of the distribution of amino acids in the interiors, the isotopic composition of organic matter of rocks and oils, and development of radioactive elements. The results of Lydia Aleksandrovna's researches were reflected in more than 100 scientific papers.



17 ноября 2017 года исполнилось бы 85 лет замечательному человеку, ведущему научному сотруднику, кандидату геолого-минералогических наук, высококвалифицированному специалисту, имеющему мировое признание в области геологии и геохимии нефти и газа, Лидии Александровне Анищенко.

В 1956 году по окончании МГУ Лидия Александровна по собственному желанию поехала в Воркуту, где с 1956 по 1960 годы работала геологом в тресте «Печорауралгеология». Дальнейшая судьба Лидии Александровны связана с другим северным городом — Ухтой, где она работала в ЦНИЛ Ухтинского территориального геологического управления, Тимано-Печорском отделении ВНИГРИ. В 1988 году Лидия Александровна поступила на работу в Институт геологии Коми НЦ УрО РАН.

Круг научных интересов Лидии Александровны был широк и крайне разнообразен: от геохимии и литологии угленосных отложений пермского возраста до выявления закономерностей формирования и распространения залежей гелиеноносных газов провинции, разработки геохимических критериев прогноза нефтегазоносности Тимано-Печорского бассейна, анализа становления и эволюции углеводородных систем в различных нефтегазоносных комплексах. Лидией Александровной была проведена типизация углеводородных систем различных нефтегазоносных комплексов, всесторонне изучены генетические типы углеводородных систем Тимано-Печорской провинции, предложена модель их эволюционно-генетического развития. В последние годы особое внимание она уделяла нафтидогенезу больших глубин, зонам повышенных температур и особенностям распределения аминокислот в недрах, изотопному составу органического вещества пород и нефтей, распространению радиоактивных элементов.

Для Лидии Александровны, что особенно актуально в наше время, всегда крайне важным было практическое применение проводимых исследований. За ее плечами не один десяток договорных работ и производствен-

ных заданий, востребованность и уважение в среде производителей. За годы работы были организованы экспедиции на Тиман, Северный Урал, гряды Чернышева, Коротайху.

Результаты исследований Лидии Александровны отражены в научных трудах. Наиболее крупными из опубликованных являются монографии (в соавторстве) «Геохимия нефтей и органического вещества пород нефтегазоносных провинций и областей СССР», «Топливно-энергетическая база Европейского Северо-Востока СССР», «Геология природных углеводородов Европейского Севера России (флюидные углеводородные системы)», «Органическая геохимия и нефтегазоносность пермских отложений севера Предуральяского прогиба». Подавляющее большинство составляют уникальные производственные НИР для ведущих нефтегазовых компаний региона.

Л. А. Анищенко награждена медалью за «Доблестный труд», почетными грамотами Президиума Верховного Совета Коми АССР, ВНИГРИ, Коми НЦ, УрО РАН, «Министерства промышленности и энергетики Республики Коми», знаками «Отличник разведки недр», «За заслуги в изучении недр Республики Коми», «За безупречную службу Республике Коми»; занесена в Книгу почета ТПО ВНИГРИ.

Отличительными чертами Лидии Александровны были ее исключительная работоспособность, целеустремленность, наличие собственного мнения, жизнелюбие, терпение и постоянная готовность делиться с молодыми сотрудниками своим бесценным опытом и знаниями.

Мы всегда будем помнить эту прекрасную женщину, представительницу плеяды НАСТОЯЩИХ геологов и считаем за честь называться ее учениками.

Анищенко Л. А. Анкета с некоторыми воспоминаниями // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2007. № 11. С. 15—16.

К. г.-м. н. О. Валяева

МИНЕРАЛОГИЯ ГЛИН В ГРАНАДЕ • CLAY MINERALOGY IN GRANADA

We present information on the 16th International Conference on Clay Minerals, which was held in Granada, Spain, from July 17 to July 21, 2017.

Решение о проведении 16-й Международной конференции по глинистым минералам в г. Гранада было принято на прошлой конференции, состоявшейся в г. Рио-де-Жанейро четыре года назад. Основным организатором выступило Испанское общество по глинам. В конференции приняло участие более 700 ученых из 55 стран. Было представлено 830 тезисов докладов. Работа проходила по 38 научным сессиям. Лозунг конференции — «Глины: от океанов до космоса» — свидетельствует о широте охвата обсуждаемых проблем и тематики. Еще одна ключевая идея конференции — «Сделаем мир лучше, используя глины».

Гранада — один из старейших университетских городов Европы, историко-культурный центр Испании, где располагается несколько объектов культурного наследия ЮНЕСКО.



У входа в научный парк г. Гранада

At the entrance to the Science Park of Granada

Место проведения конференции — уникальный научный парк Гранады. Во время конференции в научном парке была развернута очень интересная выставка по робототехнике и целый ряд других экспозиций. Кстати, выставка и экспозиции научного парка были предметом организованного посещения участников на следующий день после закрытия конференции.

Глины как объект исследования находятся в последнее время в приоритете ряда стран, главным образом в университетах. Наряду с традиционными странами (Германия, Россия, Франция, США, Китай, Япония) в исследования включились и притом весьма активно, многие развивающиеся страны (Турция, Иран, Марокко, Мексика, Куба и др). Чрезвычайно расширился круг научных дисциплин и отраслей промышленности, где глины и глинистые минералы стали важными объекта-



Академик А. М. Асхабов

Full Member of Russian Academy of sciences A. M. Askhabov



На улицах Гранады

On the streets of Granada

ми исследования и использования. Это не только геология и минералогия, но и окружающая среда и здоровье человека, коллоидная химия и материаловедение, нанотехнологии и т. д. Произошла серьезная экспансия науки о глинах в сопредельные области. Она превратилась в междисциплинарную науку, изучающую все аспекты, связанные с частицами малых размеров. Всегда было достаточно много компаний и фирм, деятельность которых связана с использованием глин, особенно в

строительном и косметическом бизнесе, керамическом производстве.

В настоящее время мы являемся свидетелями перехода науки о глинах на новый уровень. Происходит небывалое расширение границ этой науки. Основные научные проблемы связаны с тем, что необходимо изучать глинистые минералы все меньших размеров. Нужны новые экспериментальные методы. Каждый новый прорыв в науке, как правило, происходит с появлением новых инструментальных методов исследования. Глины здесь не исключение.

Ниже перечислены некоторые научные секции, на которых были представлены наиболее интересные, с моей точки зрения, доклады. Этот перечень составлен не только по результатам посещения соответствующих секций, но и изучения опубликованных тезисов докладов.

M101. За пределами этого мира. Глины как индикаторы внеземных условий.

M102. Передовые методы структурной характеристики глин.

ES01. Взаимодействие минералов и жизни.

OM04. Глины в заботе о здоровье человека.

CZ01. Глины для керамики.

OM03. Бионаноконкомпозиты как место встречи живого и минерального миров.

NT08. Свойства и применение природных и синтетических нанотрубок и фибриллярных глинистых минералов.

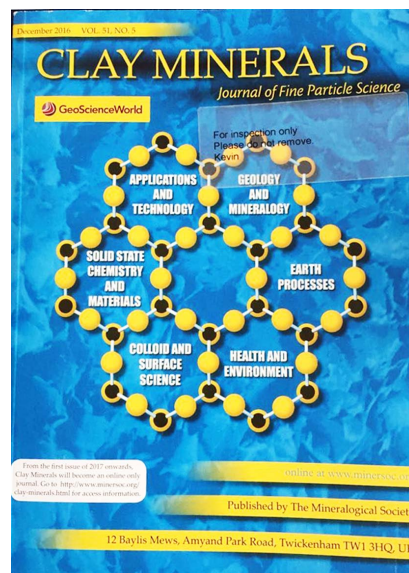
NT09. Самоорганизация глинистых частиц: от нано к макро.

Особое внимание привлёк обобщающий доклад испанского ученого Эдуардо Руиз-Хитцки «Следующее поколение продвинутых материалов на основе глинистых минералов». В этом докладе был дан исторический обзор развития технологии материалов на основе глин за много столетий, рассмотрено современное состояние получения так называемых продвинутых материалов, а также прогноз возможных новых технологий, в том числе в области получения бионаноконкомпозитных материалов. Особо отмечалась роль нанотехнологий в синтезе новых материалов с использованием глин.

Наиболее перспективными, по общему мнению, в настоящее время считаются следующие направления:

- развитие нанотехнологических методов получения материалов на основе глин;
- исследование глинистых минералов высокоразрешающими методами;
- новые архитектурные типы глинистых минералов;
- бионаноконкомпозиты на основе глин;
- взаимодействие глин с органикой.

Изучение глин в СССР и затем в РФ всегда находилось на переднем крае мировой науки. Несмотря на катастрофически малое участие российских ученых в данной конференции, действительный уровень исследований глинистых минералов в нашей стране остается достаточно высоким. Особенно это относится к традиционным направлениям изучения глин. Некоторое отставание ощущается только в направлениях, которые сформировались и разви-



Главный журнал по глинистым минералам

Main journal on clay minerals

ваются в последние годы (новые материалы, бионаноконкомпозиты, взаимодействие живого и косного миров). Необходимо актуализировать эти исследования в российских лабораториях с учетом новых тенденций, развивать новые методы, совершенствовать экспериментальную технику, активно публиковаться в специализированных журналах, которых издается в мире достаточно много.

Иностранцы признают базовый вклад российских ученых в изучение глин, однако особого интереса к нашим современным исследованиям не проявляют. Доклад «Агрегация предзародышевых кластеров «скрытой фазы» (кватаронов) как механизм образования аморфных микро- и наночастиц» (А. М. Асхабов, Д. В. Камашев) был включен в секцию «Самоорганизация глиняных частиц: от нано к макро». Он напрямую не относился к глинам, но в нем предлагался общий механизм формирования микро- и наночастиц, который может быть использован для интерпретации процессов самоорганизации в ансамбле глинистых частиц.

В заключение несколько слов общего характера.

Мы уже давно наблюдаем постепенное сокращение числа российских ученых на международных мероприятиях. 4—5 человек среди нескольких сотен — это ненормально. Такая ситуация неприемлема для научной державы, в качестве которой позиционируется Россия.

Отчетливо видна тенденция перемещения науки в развивающиеся страны. Удельный вес участников из этих стран резко возрос. Участие же китайцев стало превалирующим. Кстати, следующая конференция по данной тематике состоится в Турции.

Произошло резкое омоложение кадров науки, среди участников конференции практически 80—90 % — это молодежь до 40 лет.

Академик А. Асхабов

Ответственный за выпуск:
О. В. Гракова

Редакторы издательства:
О. В. Габова,
К. В. Ордин (английский)

Компьютерная верстка
Т. В. Хазовой

Подписано в печать 28.12.2017

Тираж 180

Тираж

Заказ 1058

Редакция:

167982, Сыктывкар, Первомайская, 54

Тел.: (8212) 24-51-60
Факс: (8212) 44-82-68

E-mail: vestnik@geo.komisc.ru

При оформлении обложки использованы фото И. Астаховой, Ю. Глухова, И. Голубевой, Р. Шуктомова