

Vestnik of Geosciences
Вестник геонаук

Ноябрь
November
2020
№ 11 (311)

Главный редактор
академик А. М. Асхабов

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

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

Технический редактор
Г. Н. Каблис

Заведующий редакцией
Т. А. Некучаева

Chief Editor
Academician A. M. Askhabov

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, Saint Petersburg, Russia
Alexey D. Gvishiani, Moscow, Russia
Irina V. Kozyreva, Syktyvkar, Russia
Marko Komac, Ljubljana, Slovenia
Viktor A. Koroteev, Ekaterinburg, Russia
Olga B. Kotova, Syktyvkar, Russia
Sergey V. Krivovichev, Saint Petersburg, Russia
Sergey K. Kuznetsov, Syktyvkar, Russia
Maximiliano de Souza Martins, Ouro Preto, Brazil
Tatyana P. Mayorova, Syktyvkar, Russia
Joan Carles Melgarejo, Barcelona, Spain
Fancong Meng, Beijing, China
Peep Männik, Tallinn, Estonia
Alexander M. Pystin, Syktyvkar, Russia
Constance M. Soja, Hamilton, NY, USA
Oksana V. Udoratina, Syktyvkar, Russia
Mikhail A. Fedonkin, Moscow, Russia

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

Technical Editor
G. N. Kablis

Managing Editor
T. A. Nekuchaeva

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Выходит ежемесячно.
Основан в 1995 году
академиком Н. П. Юшкиным.
Предыдущее название:
Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН

Пятилетний импакт-фактор
РИНЦ журнала (2019) – **0,381**

SCIENCE JOURNAL

Monthly issued.
Founded in 1995
by Academician N. P. Yushkin.
Former title:
Vestnik of Institute of Geology of Komi SC UB RAS

Five-year RSCI
impact factor (2019) — **0.381**

geo.komisc.ru/vestnik

Содержание

Content

Научные статьи

Scientific articles

Изотопные свидетельства магматической природы доломит-кальцитовых тел Ильменских гор и Пластовского района Южного Урала
В. Г. Кориневский, Е. В. Кориневский 3

Геохимические особенности пород рудоносного массива Малютка (Худолазовский комплекс, Южный Урал): свидетельства гидротермального перераспределения сидерофильных и халькофильных элементов
И. Р. Рахимов 20

С. С. Савкевич и его история янтаря
О. В. Мартиросян, М. А. Богдасаров 30

Некоторые аспекты истории становления и развития научного сообщества по изучению ископаемых рифов в СССР и России
В. Г. Кузнецов 35

Isotopic evidences of magmatic nature of the dolomite-calcite bodies of the Ilmeny Mountains and the Plastovsky district of the South Urals
V. G. Korinevsky, E. V. Korinevsky 3

Geochemical features of Malyutka ore-bearing massif rocks, Khudolaz complex, South Urals: evidence of hydrothermal reprecipitation of siderophile and chalcophile elements
I. R. Rakhimov 20

S. S. Savkevich and his amber history
O. V. Martirosyan, M. A. Bogdasarov 30

Some aspects of the history of formation and development of the scientific community for studying of fossil reefs in the USSR and Russia
V. G. Kuznetsov 35

Хроника, события, факты

Chronicle, events, facts

XXIX научная конференция «Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента» 46

Новые издания 47

The 29th scientific conference «Structure, substance, history of lithosphere of Timan-Northern Ural segment» 46

New publications 47

Правила оформления статей

Vestnik article Formatting

geo.komisc.ru/vestnik/authors

УДК 549 (470.5)
DOI: 10.19110/geov.2020.11.1

ИЗОТОПНЫЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА МАГМАТИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ ДОЛОМИТ-КАЛЬЦИТОВЫХ ТЕЛ ИЛЬМЕНСКИХ ГОР И ПЛАСТОВСКОГО РАЙОНА ЮЖНОГО УРАЛА

В. Г. Кориневский, Е. В. Кориневский

Институт минералогии ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН, Миасс
vgkor@mineralogy.ru

Впервые полученные данные об изотопном составе кислорода и углерода кальцитов и графитов доломит-кальцитовых пород Ильменских гор и даек аналогичного состава в Пластовском районе позволили подтвердить предположение об их магматическом генезисе. Определённая по изотопным соотношениям углерода и кислорода в кальците и графите температура образования карбонатных тел (590—1000 °С) близка к интервалу температур (600—900 °С) образования карбонатитовых ассоциаций. По этим же соотношениям изотопов в кальцитах протолиты карбонатных пород располагаются в пределах полей карбонатитов складчатых областей и в переходной зоне к карбонатам морского происхождения. Вероятно, из этого следует, что эти породы являются порождением карбонатной магмы, возникшей при переплавлении осадочных карбонатных пород в зонах субдукции либо под влиянием тепла гранитных интрузий.

Ключевые слова: *изотопы углерода и кислорода, кальцит, графит, доломит-кальцитовые карбонатиты. Ильменские горы, Пластовский район, Южный Урал.*

ISOTOPIC EVIDENCES OF MAGMATIC NATURE OF THE DOLOMITE-CALCITE BODIES OF THE ILMENY MOUNTAINS AND THE PLASTOVSKY DISTRICT OF THE SOUTH URALS

V. G. Korinevsky, E. V. Korinevsky

Institute of Mineralogy, South Federal Center MiG UB RAS, Miass

The data obtained for the first time on the isotopic composition of oxygen and carbon of calcites and graphites of dolomite-calcite rocks of the Ilmeny Mountains and dykes of a similar composition in the Plastovsky district have confirmed their magmatic genesis. The temperature of formation of carbonate bodies (590—1000 °C), determined from the isotopic ratios of C and O in calcite and graphite, corresponds to the temperature range (600—900 °C) of the formation of carbonatite associations. According to the same ratios of isotopes in calcites, the protoliths of carbonate rocks are located within the carbonatite fields of the folded regions and in the transition zone to carbonates of marine origin. This is probably due to the fact that these rocks are a product of carbonate magma during remelting of sedimentary carbonate rocks in subduction zones, or under the influence of the heat of granite intrusions.

Keywords: *carbon and oxygen isotopes, calcite, graphite, dolomite-calcite carbonatites. Ilmeny Mountains, Plastovsky district, South Urals.*

Введение

В Ильменских горах известны довольно крупные выходы белых массивных среднезернистых доломит-кальцитовых лейкократовых пород, обычно называемых мраморами [3]. При значительной силикатной примеси в этих породах их относят к кальцифирам [30, 21, 4]. Но существуют мнения, что указанные породы являются представителями специфических карбонатитов [17, 26—28]. Сходные с ильменскими по минеральному составу и структурам карбонатные породы широко распространены в расположенном восточнее Пластовском районе Челябинской области. Здесь они традиционно считаются мраморизованными карбонатными осадками раннекаменноугольного времени [11]. Очевидные различия в минеральном составе, особенно в акцессорной минерализации [10, 35], в содержаниях редких и рассеянных элементов [24, 36], отсутствие непосредственной генетической связи с проявлениями щелочного и ультраосновного магматизма по сравнению с «классическими» карбонатитами породили представления, что доломит-кальцитовые среднезернистые породы Южного Урала, принимаемые за карбонатиты [17, 28,], таковыми не являются [1, 4, 10, 11, 21, 22, 30]. Ю. Л. Капустиным [10] предложено считать эти породы в Ильменских горах гидротермальными жилами. Карбонатитовая (магматическая) природа подобных «сахаровидных» зернистых доломит-кальцитовых пород во многих случаях доказана геологическими наблюдениями в различных регионах мира (лавы, туфы и дайки о. Фуэртевентура и остро-

Для цитирования: Кориневский В. Г., Кориневский Е. В. Изотопные свидетельства магматической природы доломит-кальцитовых тел Ильменских гор и Пластовского района Южного Урала // Вестник геонаук. 2020. 11(311). С. 3—19. DOI: 10.19110/geov.2020.11.1.

For citation: Korinevsky V. G., Korinevsky E. V. Isotopic evidences of magmatic nature of the dolomite-calcite bodies of the Ilmeny Mountains and the Plastovsky district of the South Urals. 2020. 11(311). P. 3—19. DOI: 10.19110/geov.2020.11.1.

вов Зелёного Мыса [34, 37, 38]; дайки и диатремы Чагатайского комплекса Узбекистана [6, 41], дайки и жилы Таймырского полуострова [29], дайки и штоки Забайкалья [26]). Между тем именно в таких «нетипичных» по составу карбонатитах удалённых регионов мира, не несущих характерной редкометалльной, редкоземельной и фосфатной минерализации, обнаружены алмазы [6, 13, 37, 38, 41]. Известные проявления драгоценных камней (корунд, шпинель и др.) Памира также приурочены к карбонатным породам такого состава. Видимо, неслучайно и находки первых алмазов на Южном Урале приурочены к выходам доломит-кальцитовых «мраморов» в Пластовском районе [14]. В этих же породах обнаружена и вкрапленность золота [12, 14], а также значительные скопления розового корунда и шпинели [11]. Сказанным определяется необходимость выяснения происхождения (магматическое или метаморфическое) доломит-кальцитовых пород Южного Урала, Ильменских гор и Пластовского района в частности. С этой целью полезным окажется получение новых критериев (определение в них изотопов C и O, онтогенические наблюдения над соотношениями минералов), что уже успешно проделано для ряда других участков Урала [8, 32, 38].

Геологическая ситуация

Самое крупное проявление доломит-кальцитовых пород (мраморов) у подножья восточного склона Ильменских гор вблизи северо-западного берега оз. Бол. Миассово было выявлено А. Г. Баженовым (рис. 1, точка 1). В 1996 г. была оконтурена площадь выходов данных пород [27]. Выяснилось, что они слагают блок длиной 57 м и шириной 16 м в меридиональной полосе бластомилонитов по гнейсам, амфиболитам, кристаллосланцам и жильным телам гранитоидов, разделяющей области развития пород кыштымской и ильменогорской толщ Ильменогорского метаморфического комплекса. В северной части блока карбонатные породы были вскрыты двумя короткими широтными канавами, ставшими известными как копь 287 Ильменского заповедника. Координаты копи: 55°10′17″ с. ш., 60°15′57″ в. д. Кальцит-доломитовые породы располагаются на значительном удалении (несколько км) от выходов Ильменогорского массива нефелиновых сиенитов. В то же время именно в них обнаружены дайки биотитовых монцонитов и скаполитсодержащих габбро, пироксенитов и пироксен-апатит-амфиболовых слюдитов, то есть пород, спорадически встречающихся в составе Ильменогорско-Вишневогорского массива щелочных пород (рис. 2, [19]). Динамометаморфические изменения (бластомилонитизация) местами проявились в них в виде гнейсовидных текстур. На контакте всех этих тел с вмещающими карбонатными породами скарновые ассоциации минералов не встречены. В районе Вишневых гор уже давно известны [15] обширные выходы магматических скаполитовых пород: сиенитов и нефелиновых сиенитов (миаскитов). Очевидно, дайки скаполитовых пород, рассекающие кальцит-доломитовые породы копи 287 (рис. 2), являются пространственно удалённой и, возможно, более молодой фацией интрузивного комплекса нефелиновых сиенитов Ильменогорско-Вишневогорского массива. Тем самым определяется древний (440—445 млн, [21]) домиаскитовый возраст карбонатных пород.

Карбонатные породы данного массива содержат неравномерно распределённую акцессорную примесь безжелезистых фтористых флогопита и тремолита, апатита, ярко-зелёного паргасита, актинолита, диопсида, волластонита, благородной шпинели, корунда, граната, рутила, титанита, скаполита, ортоклаза, серпентина, пирита, псевдоморфоз гётита по пириту, очень редко — циркона.

В 3.5 км южнее копи 287, на побережье оз. Бол. Миассово, вдоль берега Мраморного мыса, на площади 40×100 м располагаются скальные обнажения среднезернистых белых кальцитовых пород, имеющих меридиональное простирание и восточное падение под углом 55° (рис. 1, точка 2). Координаты обнажения (копь 228): 55°08′25″ с. ш., 60°16′23.2″ в. д. Снежно-белые среднезернистые мраморы хорошо обнажены в прибрежной западной стенке Мраморного мыса (копь 228). В отличие от копи 287 здесь эти породы преимущественно кальцитовые, с очень небольшим количеством доломита, содержащие довольно обильные идиоморфные мелкие пластинки графита со скульптурными поверхностями одновременного роста с кристаллами кальцита и фторапатита [37]. Остальные минералы встречаются в акцессорных количествах и обнаруживаются лишь после растворения породы в соляной кислоте. Характерно преобладание среди них округлых кристаллов светло-голубоватого фторапатита, иногда содержащих параллельно расположенные синтаксические включения очень тонких пластинок, возможно графита. Примечательно присутствие редких

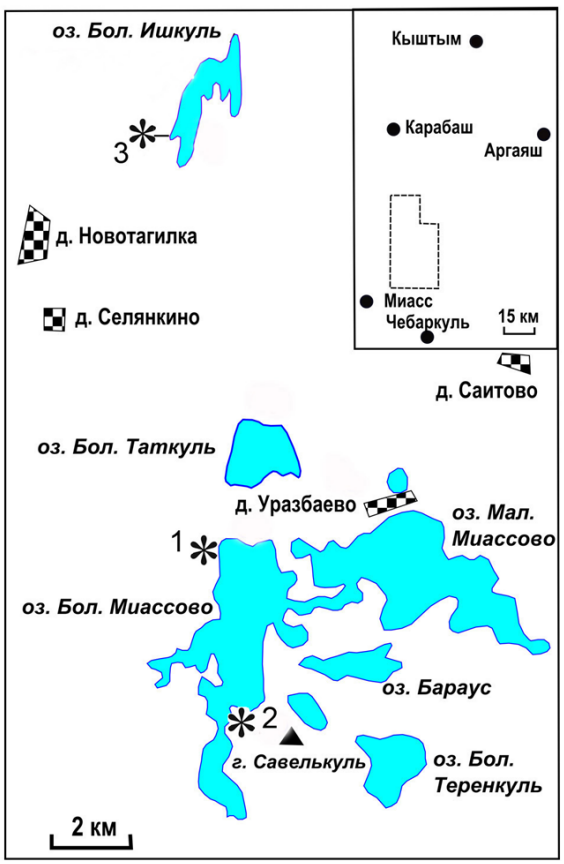


Рис. 1. Расположение выходов кальцит-доломитовых пород (звёздочки) на территории Ильменского заповедника: 1 — копь 287, 2 — копь 228 (Мраморный мыс), 3 — оз. Бол. Ишкуль

Fig. 1. Location of outcrops of calcite-dolomite rocks (asterix) on territory of the Ilmeny Reserve: 1 — pit 287, 2 — pit 228 (Mramorny Cape), 3 — Bol. Ishkul Lake

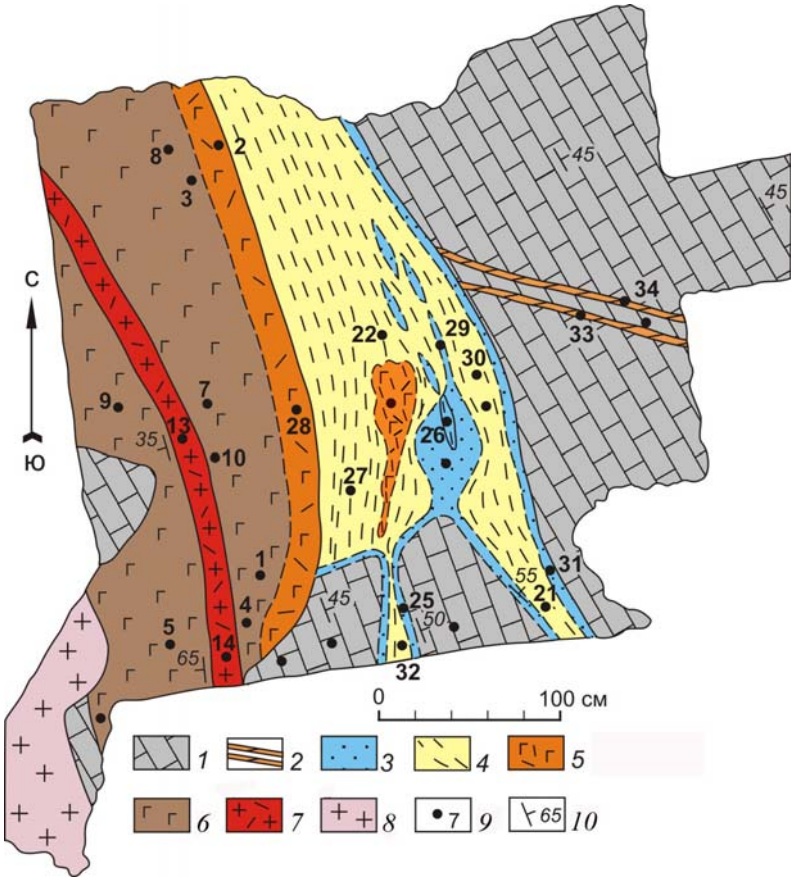


Рис. 2. Геологическая схема строения копи 287 [18]: 1 — средне- и крупнозернистые кальцит-доломитовые породы (карбонатиты), 2 — пегматоидные жилки паргасит-диопсидового состава, 3 — флогопит-паргасит-диопсидовая порода, 4 — дайка скаполит-паргасит-диопсидового флогопитового слюдита (глиммерита), 5 — диопсид-кальцит-скаполитовая порода пегматоидной структуры, 6 — скаполит-диопсидовое габбро пегматоидной структуры, 7 — скаполит-эпидот-диопсидовое габбро, 8 — жила диопсид-кварц-скаполитового пегматита, 9 — позднепалеозойские биотитовые граниты с письменной структурой, 10 — номера и места отбора проб, 11 — элементы залегания пород

Fig. 2. Geological sketch of pit 287 [18]: 1 — medium- and coarse-grained calcite-dolomite rocks (carbonatites), 2 — pegmatoid veins of pargasite-diopside composition, 3 — phlogopite-pargasite-diopside rock, 4 — dyke of scapolite-pargasite-diopside glimmerite, 5 — diopside-calcite-scapolite rock of pegmatoid structure, 6 — scapolite-diopside gabbro of pegmatoid gabbro, 7 — scapolite-epidote-diopside gabbro, 8 — vein of diopside-quartz-scapolite pegmatite, 9 — Late Paleozoic biotite granites with written structure, 10 — numbers and places of sampling, 11 — elements of bedding of rocks

зерен высокотемпературных минералов: шеелита, оливина, сапфирина, плагиоклаза, граната, диопсида, паргасита, саданагаита, тремолита, серпентина, ильменита, рутила, скаполита, отсутствие в них благородной шпинели, корунда, циркона, ортоклаза. В целом же набор акцессорных минералов в породах Мраморного мыса аналогичен таковому из мраморов копи 287.

Непосредственных контактов тела мраморов с вмещающими породами не установлено. Вблизи мраморов, восточнее находятся протяженные гривки гнейсовидных биотитовых кристаллосланцев, аналогичных тем, что севернее слагают нижнюю часть кыштымской толщи на Миассовском участке [18]. В мраморах наблюдаются отдельные дайки гранитных пегматитов.

Можно заключить, что в описанных выше случаях непосредственных взаимоотношений доломит-кальцитовых пород (мраморов) с вмещающими их породами в Ильменских горах не наблюдается. Поэтому главный признак карбонатитов — интрузивные контакты — здесь отсутствует. Карбонатные породы отнесены к мраморам из-за их массивного сложения, среднезернистой структуры, наличия минеральных примесей, залегания в виде протяженных тел среди метаморфических пород, которым приписывается вулканогенно-осадочная природа [3].

Иная ситуация наблюдается на западном берегу оз. Бол. Ишкуль (рис. 1, точка 3). В пределах древнего (поздний архей) Селянкинского блока ильменогорского комплекса здесь встречено пластовое тело крупнозернистых диопсидитов мощностью до 7 м [17], в осевой части которого располагается несколько тонких линз кальцитовых пород (рис. 3). Некарбонатные минералы в них занимают 20—40 % объема и представлены характерным для карбонатитов подобного состава [6, 41, 13, 29] набором: диопсидом, форстеритом, шпинелью (плеонаст), паргаситом, флогопитом, титанитом, фторапатитом, графитом, скаполитом, гиалофаном и др. Многие из зерен имеют овально-округлую форму с гладкими поверхностями, свидетельствующими об оплавлении в глубинных условиях. Карбонатиты характеризуются повышенными содержаниями Cr, Ni; некоторые минералы (флогопит, ортоклаз) относятся к бариевым разновидностям. Линзы карбонатных пород имеют постепенные переходы к вмещающим их диопсидитам. Минеральный состав соседних линз может существенно различаться (преимущественно шпинель-оливиновый или флогопит-графит-диопсидитовый). Вопреки существующим представлениям об отнесении этих карбонатных пород Ишкуля к кальцифирам [30, 4] в их минеральном составе, взаимоотношениях минералов, геологическом положении мы видим все признаки магматического происхождения этих пород (синхронность образования породообразующих минералов, наличие оплавленных кристаллов, высокотемпературная и высокобарическая ассоциация минералов, их набор, присущий многим карбонатитам, см. [17]).

В стенках карьера Светлинского золоторудного месторождения в Пластовском районе доломит-кальцитовыми породами образованы маломощные (десятки сантиметров) крутопоставленные сближенные дайки и прожилки полосчатой и массивной текстуры, рассекающие метаморфизованные вулканогенно-осадочные породы [14, 16]. Недавно было вскрыто штокообразное тело мелкозернистых желтовато-кремовых доломитов. В расположенном поблизости Кучинском известковом карьере подобные породы с аналогичной минерализацией слагают серию параллельных крутопадающих пластовых тел

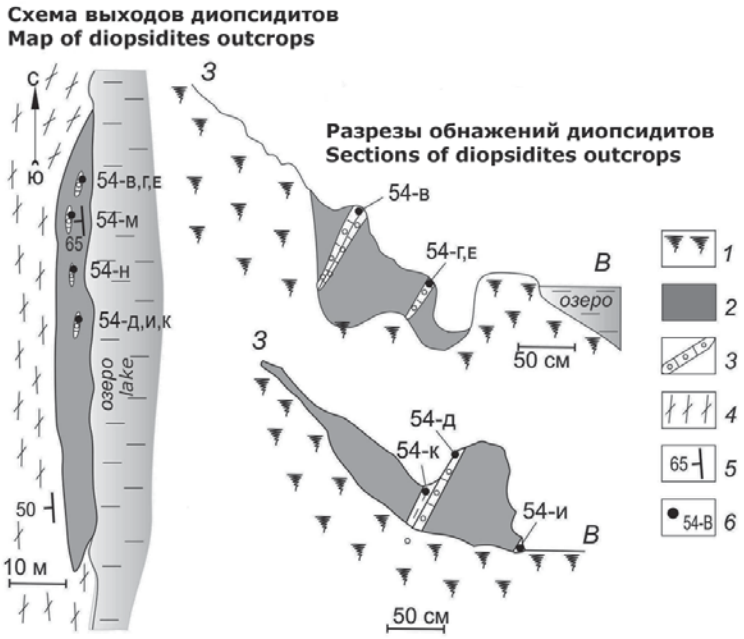


Рис. 3. Геологическая схема выходов тела диопсидитов на западном берегу оз. Бол. Ишкуль и разрезы обнажений [17]: 1 — задернованные участки, 2 — диопсидиты, 3 — линзы карбонатитов, 4 — гнейсы и мигматиты селянкинской толщи протерозоя с прослоями амфиболитов, 5 — элементы залегания пород, 6 — номера и места отбора проб карбонатитов

Fig. 3. The geological sketch of the outcrops of the body of diopsidites on the western shore of Lake Bol. Ishkul and sections of outcrops [17]: 1 — soddy plots, 2 — diopsidites, 3 — carbonatite lenses, 4 — gneisses and migmatites of the Selankinsky stratum of the Proterozoic with interbeds of amphibolites, 5 — elements of bedding of rocks, 6 — samplingsites and sample numbers of carbonatites

(рис. 4), имеющих зонально-симметричное строение, грубозернистую структуру геометрического отбора в осевой зоне [14]. Их разделяют полосы более мелкозернистых карбонатных пород, являющихся частью мощной (до 1000 м) толщи мраморизованных известняков с остатками каменноугольной фауны.

Особенности минерального состава кальцит-доломитовых карбонатитов

Наличие синтаксических вростков доломита в кальците (рис. 5, c, d), участков графических срастаний кальцита и доломита (рис. 5, b), индукционных поверхностей синхронного роста доломита и кальцита (рис. 5, a) однозначно свидетельствуют об одновременном образовании кальцита и доломита в описываемых мраморах. Это создает предпосылки для определения температуры образования данных пород по современному кальцит-доломитовому геотермометру [39]. К сожалению, сделать это не получилось, поскольку и кальциты, и доломиты имеют очень низкие содержания железа (табл. 3).

Описываемые породы большей частью обладают массивной текстурой и среднезернистой структурой. В осевых частях крутопоставленных даек карбонатит-пегматитов в Кучинском карьере (рис. 4) структура нередко является гигантозернистой с признаками геометрического отбора от краев даек к их середине. Это однозначно говорит о кристаллизации породы из расплава [28]. Массивная текстура в разрезе карбонатитового тела копи 287 в отдельных участках сменяется отчетливо полосчатой, подчеркнутой неравномерным распределением мелких кристаллов доломита (рис. 6, a) или пирита (рис. 6, c). Скрытая расслоенность проявляется и в неравномерном распределении акцессорных минералов. Обычно они образуют рассредоточенную сыпь в массе породы (рис. 6, b), не будучи приуроченными к каким-либо трещинам или прожилкам. При этом большинство кристаллов имеет идиоморфную огранку и индукционные границы совместного роста с другими минералами карбонатной матрицы (рис. 6, d—f).

Характерна приуроченность наибольшего количества отдельных видов акцессорных минералов лишь к некоторым прослоям (полосам) в составе карбонатных тел. Это особенно заметно по минералам яркой окраски или необычной формы (паргасит, шпинель, рисовидные зерна тремолита) либо по присутствию экзотических образований — железистых или стекловатых микросферул (рис. 7). Округлые голубоватые кристаллы фторапатита в карбонатитах Мраморного мыса (рис. 8, b) образуют скопления лишь в отдельных частях выходов этих пород. Это можно сказать и про находки в них железистых микросферул, зерен форстерита, сапфирина, граната и шеелита. Столь необычная ассоциация минералов (минералы группы сапфирина, оливины, гранаты) недавно стала известна в паралавах Монголии [53], возникших во время подземных угольных пожаров путём расплавления при очень высоких температурах осадочных пород, содержащих прослои известняков.

В описанных случаях в минералах можно наблюдать синтаксические вростки графита и кварца во флогопите, апатите (рис. 8, d), гранатах (рис. 8, e, f), кальците, что свидетельствует об одновременности их образования. Это замечание касается и соотношений доломита и кальцита (рис. 5), шпинели и корунда с кальцитом, плагиоклаза и кальцита, сульфидов железа с кальцитом и т. д. Не обнаружено макро- и микроморфологических признаков неоднократного замещения кальцита доломитом [28], как это утверждается [11], равно как и замещения шпинели корундом и наоборот. Заметных проявлений метасоматоза в карбонатных породах, принимаемых за мраморы и кальцифиры, не зафиксировано. Если они проявились, то это можно наблюдать (рис. 9). При этом остаются реликты исходных минералов. Утверждения, что корундовая и шпинелевая минерализация в карбонатных породах (мраморах) Пластовского района возникла в результате многократных процессов метасоматоза [11], в этом свете выглядят голословными.

В отличие от Ильменских гор, в Пластовском районе имеются доказательства (резкие секущие контакты, структуры геометрического отбора, скрытая или явная полосчатость, обусловленная распределением акцессорных минералов, синхронный рост большинства минералов) интрузивной природы тел доломит-кальцитовых пород

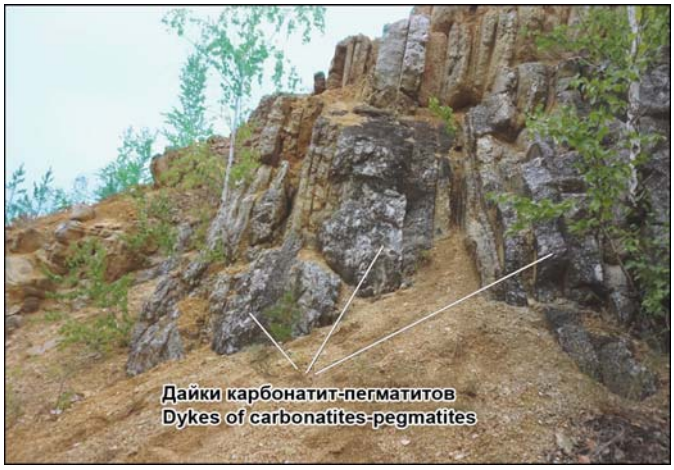


Рис. 4. Серия параллельных даек карбонатитов среди мраморизованных известняков в стенке Кучинского карьера. Фото А. А. Евсеева

Fig. 4. Series of parallel dykes of carbonatites among marbled limestones in the wall of the Kuchinsky quarry. Photo by A. A. Evseev

(даек, штоков), но и те и другие содержат близкий набор акцессорных минералов (табл. 1) и малое количество редкоземельных элементов. Циркон, монацит, пирохлор, щелочные амфиболы, ильменит и магнетит в них практически отсутствуют. Это обстоятельство даёт косвенные доказательства близости генезиса (карбонатитовой природы) описываемых пород Ильменских гор и Пластовского района, обусловливает отличия от известных жильных карбонатитов Ильменогорско-Вишневогорского комплекса [24, 36], связанных своим происхождением с проявлениями щелочного магматизма.

Для подтверждения этой идеи мы попробовали использовать также распределение изотопов C и O в этих породах.

Методы исследования

Изотопные исследования выполнены при содействии Т. Г. Шумиловой в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН (аналитик И. В. Смолева). Разложение карбонатов и измерение изотопного состава углерода и кислорода производились на аналитическом комплексе фирмы Termo Fisher Scientific (Германия), включающем систему подготовки и ввода проб Gas Bench II, соединённую с масс-спектрометром DELTA V Advantage. Значения $\delta^{13}C$ даны в промилле относительно стандарта PDB, значения $\delta^{18}O$ — относительно стандарта SMOW. При калибровке использованы международные стандарты NBS 18 и NBS 19. Ошибка определения $\delta^{13}C$ и $\delta^{18}O$ составляет ± 0.1 ‰ (1σ).

Химический состав карбонатов определен В. А. Котляровым (ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН) на сертифицированном растровом электронном микроскопе РЭММА-202М с энергодисперсионной приставкой LZ-5 Link Systems с Si-Li-детектором. Работа велась на полированных зёрнах в эпоксидной матрице с углеродным напы-

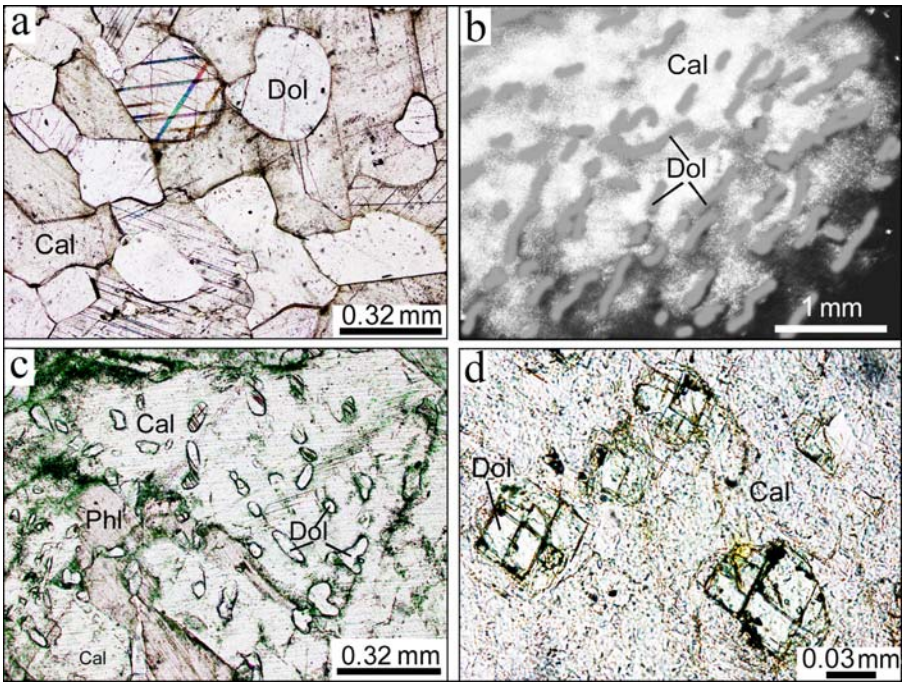


Рис. 5. Взаимоотношения кальцита и доломита в мраморах Ильменских гор и Пластовского района: a — индукционные поверхности синхронного роста кальцита (Cal), доломита (Dol) и флогопита (Phl); b — графические срастания кристаллов доломита и кальцита. Дайка в Кучинском карьере; c, d — синтаксические вростки доломита в кальците: c — дайка в карьере Светлинского золоторудного месторождения, d — копь 287 Ильменского заповедника. a, c, d — фотографии шлифов, николи параллельны, b — фото протравленной поверхности образца

Fig. 5. The relationship of calcite and dolomite in the marbles of the Ilmeny Mountains and the Plastovsky district: a — induction surfaces of the simultaneous growth of calcite (Cal), dolomite (Dol) and fhlogopite (Phl); b — graphic intergrowths of dolomite and calcite crystals. Dyke in the Kuchinsky quarry; c, d — syntactic growths of dolomite in calcite: c — dyke in the quarry of the Svetlinsky gold ore deposit, d — pit 287 of the Ilmeny Reserve. a, c, d — photo of thin sections, nicoles parallel, b — photo of the etched surface of the sample

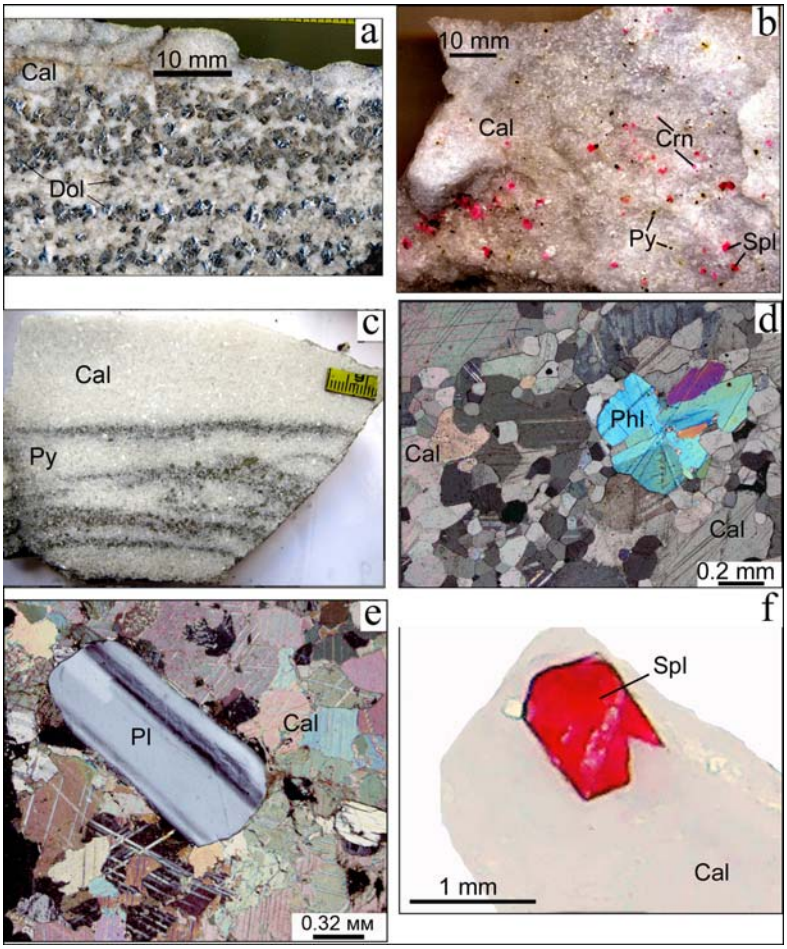


Рис. 6. Структурные взаимоотношения минералов в кальцит-доломитовых карбонатитах: a — обогащенные мелкими кристаллами доломита отдельные прослои в кальцитовой матрице; b — мелкая вкрапленность благородной шпинели, пирита и корунда в кальцитовой матрице; c — прослои кристаллов пирита в кальцитовой матрице породы; d — индукционные границы кристалла флогопита с окружающими зёрнами кальцита; e — кристалл плагиоклаза в кальцитовой матрице; f — сросток кристаллов благородной шпинели и кальцита. Граница между ними компромиссная (индукционная). a, b, c, f — фото образцов породы и отдельных зёрен минералов; d, e — фото шлифов, николи скрещены. Cal — кальцит, Dol — доломит, Phl — флогопит, Gr — графит, Pl — плагиоклаз, Spl — благородная шпинель, Py — пирит, Crn — корунд. Места отбора: a — копь 287, b, d, f — дайки в Кучинском карьере, c —дайка в Светлинском карьере

Fig. 6. Structural relationships of minerals in calcite-dolomite carbonatites: a — individual interlayers in the calcite matrix enriched with small dolomite crystals; b — fine dissemination of noble spinel, pyrite, and corundum in the calcite matrix; c — interlayers of pyrite in the calcite matrix; d — induction boundaries of the phlogopite crystal with the surrounding calcite grains; e — plagioclase crystal in the calcite matrix; f — aggregate of crystals of noble spinel and calcite. The border between them is a compromise (induction). a, b, c, f — photo of rock samples and individual grains of minerals; d, e — photo of thin sections, crossed nicols. Cal — calcite, Dol — dolomite, Phl — phlogopite, Gr — graphite, Pl — plagioclase, Spl — noble spinel, Py — pyrite, Crn — corundum. Sampling sites: a — pit 287, b, d, f — dykes in the Kuchinsky qurry, c — dyke in the Svetlinsky quarry

лением, при ускоряющем напряжении 20 кВ, малом токе электронного пучка ($3 \cdot 10^{-10}$ А) и минимальном диаметре пучка (1—2 мкм).

Количественная обработка энергодисперсионных спектров производилась с помощью программы Magallanes 2.2. Для сравнения использовались препараты из шашки ASTM JMEX Scientific Limited MJNM 25-53, серия Mineral Mount № 01-044 и минералы известного состава. Большинство элементов определялось по спектральным линиям K-серии. Стандартами для измеренных элементов послужили диопсид (Mg, Ca, Si), жадеит (Al), родонит (Mn), альбит (Na), ортоклаз (K), соединения TiO_2 (Ti), Fe_2O_3 (Fe), сфалерит (S, Zn), галенит (Pb) и чистые элементы V, Cr, Ni, Co. Для большинства элементов нижние пределы обнаружения составляли 0.2—0.3 %.

Основные результаты и обсуждение

Результаты определения изотопного состава углерода и кислорода в зернах кальцита из мраморов Ильменских гор и Пластовского района представлены в таблице 2. Характер распределения их фигуративных точек на диаграмме (рис. 10) близок к таковому исследованных К. Ивановым и др. [8] аналогичных пород других районов Урала. Большинство из точек попадает в поле карбонатитов складчатых областей [5], одна из точек (СВ-1) располагается в поле осадочных морских карбонатов, две пробы из даек в Кучинском карьере и проба из Мраморного мыса находятся между полями карбонатитов складчатых областей и осадочными карбонатами. Такой разброс содержаний изотопов, по мнению С. Степанова и др. [32], демонстрирует, скорее все-

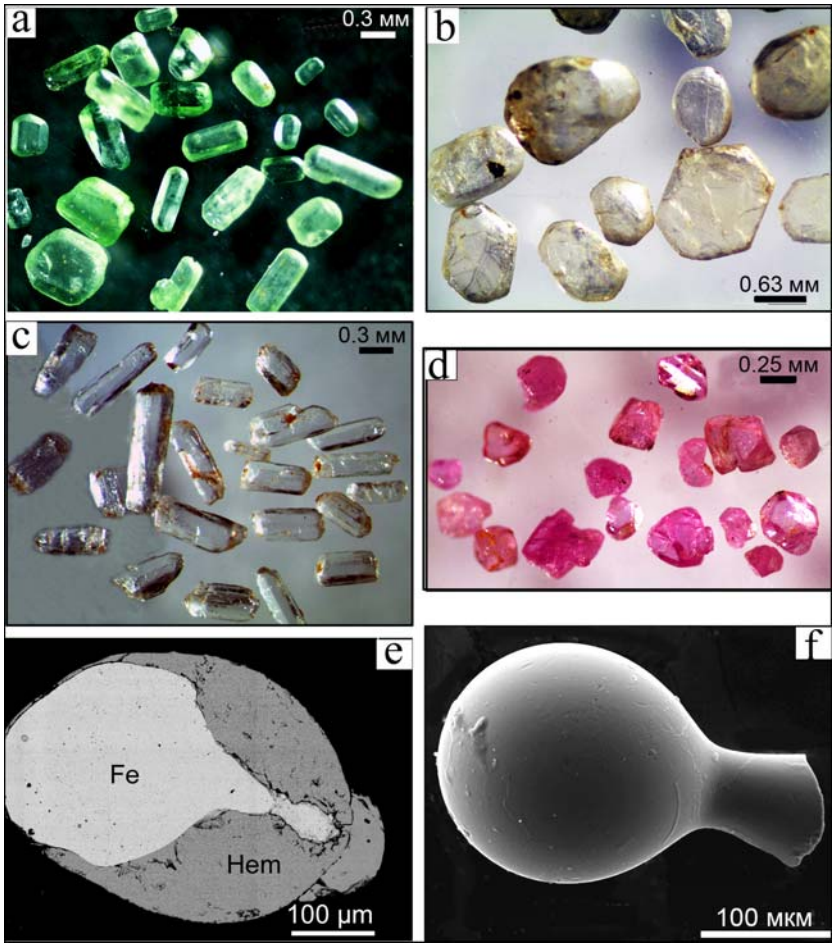


Рис. 7. Акцессорные минералы в кальцит-доломитовых карбонатитах копи 287: a — кристаллы паргасита, b — кристаллы фторапатита, c — кристаллы тремолита, d — кристаллы благородной шпинели, e — самородное железо (Fe) в ядре микросферулы, покрытой оболочкой гематита (Hem), f — сферула силикатного стекла. a — d — фото под бинокулярным микроскопом; c, f — фото в отраженных электронах на СЭМ РЭММА-202 М

Fig.7. Accessory minerals in calcite-dolomite carbonatites of pit 287: a — pargasite crystals, b — fluorapatite crystals, c — tremolite crystals, d — noble spinel crystals, e — native iron (Fe) in the core of a microspherule covered with a hematite shell (Hem), f — silicate glass spherule. a — d — photo under a binocular microscope; c, f — photo in reflected electrons by SEM REMMA-202 M

го, степень участия атмосферного кислорода и поверхностных вод при образовании карбонатных пород. В этой связи авторы [32, с. 269] полагают, что «диаграмма, используемая для определения типа мантии для карбонатитов Азиатского континента [5], не позволяет надёжно определять тип источника вещества для минерализованных карбонатных образований западного склона Урала. Для таких исследований необходим анализ изотопного состава Sr и Nd». Тем не менее кальцит из линз карбонатитов внутри дайки диопсидитов из оз. Бол. Ишкуль (проба Ишк. 54) имеет состав изотопов C и O, укладывающийся в «мантийный» квадрат первичных карбонатитов (поле 1 на рис. 9), что соответствует геологической обстановке нахождения этих пород в нашем случае.

Соотношение изотопов углерода, содержащихся в кальците и графите, часто используется в качестве чувствительных геотермометров для метаморфизованных карбонатных пород. Большинство таких термометров калибровались по высокометаморфизованным мраморам. Рекристаллизация и укрупнение кристаллических индивидов кальцита и графита происходит при температурах выше 500 °C, что позволяет применять их там, где часто отсутствуют надежные петрологические термометры. В нашем исследовании были применены различные версии кальцит-графитового термометра, позаимствованные из работ [42, 47, 49, 57]. Температура перекристаллизации определялась исходя из следующих уравнений:

$\Delta_{(Cc\text{-}Gr)} = -0.007487*T(^{\circ}C) + 8.68$ [57],

$\Delta_{(Cc\text{-}Gr)} = 5.81 * 10^6 * T^{-2}(K) - 2.61$ [42],

$\Delta_{(Cc\text{-}Gr)} = 3.56 * 10^6 * T^{-2}$ (K) [47].

Соответственно, значения температуры вычислялись по формулам:

$T\ (^{\circ}C) = (8.68 - \Delta_{(Cc\text{-}Gr)}) / 0.007487$ [57],

$T\ (^{\circ}C) = \sqrt{(5.81*10^6 / (\Delta_{(Cc\text{-}Gr)} + 2.61))} - 273.15$ [42],

$T\ (^{\circ}C) = \sqrt{(3.56*10^6 / \Delta_{(Cc\text{-}Gr)})} - 273.15$ [47],

где $\Delta_{(Cc\text{-}Gr)} = 10^3 \ln (1000 + \delta\ ^{13}Cc)/(1000 + \delta\ ^{13}C_{Gr})$.

Мы смогли отобрать для изотопных исследований лишь две пробы сосуществующих графита и кальцита — из среднезернистых пород Мраморного мыса с очень незначительной примесью других минералов и из карбонатных линз в осевой части магматического тела диопсидитов с западного берега оз. Бол. Ишкуль, где примесь других минералов очень велика (20—40 об. %). Графит в них присутствует в виде полигональных пластин-

чатых кристаллов, нередко в виде сростков с кальцитом, диопсидом, оливином, апатитом, флогопитом, амфиболом, шпинелью. Согласно Ю. Багдасарову и др. [2], присутствие графита в карбонатитах говорит о восстановительной обстановке их формирования и больших глубинах (≥ 10—15 км) становления. Из данных табл. 4 следует, что карбонатные породы Мраморного мыса, сходные по минеральному составу с подобными породами копи 287, формировались в интервале температур 590—640 °С, а карбонатные линзы из диопсидитов Ишкуля — при температуре 750—810 °С. В последнем случае по минеральным геотермометрам и геобарометрам температура образования линз карбонатных пород определена [4] как 830—845 °С. Для сравнения укажем, что по изотопным соотношениям углерода в кальците и графите кальцитовые карбонатиты Чагатайского комплекса Узбекистана начали кристаллизоваться при 775 °С [13], а карбонатиты Индии — при 800 °С [56]. В сочетании с приведенными выше данными о больших глубинах формирования графита изотопные соотношения углерода и кислорода в сосуществующих графите и кальците свидетельствуют о магматической (карбонатитовой) природе вмещающих их карбонатных пород, обычно принимаемых за мраморы или кальцифиры [4, 21, 30]. Эти данные, как

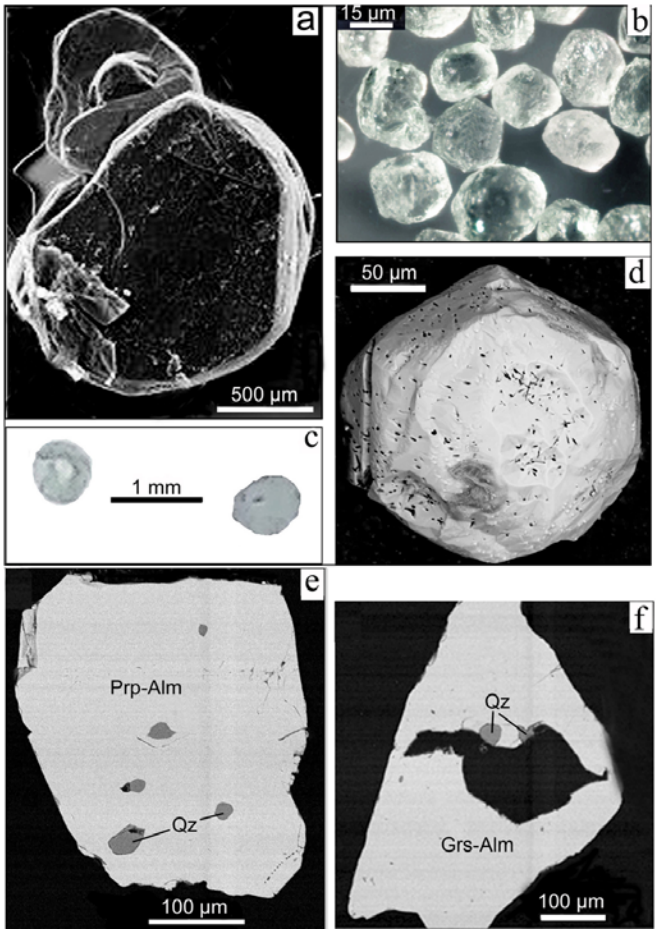


Рис. 8. Акцессорные минералы в кальцитовых карбонатитах Мраморного мыса (копь 287): a — кристалл графита, b — округлые кристаллы фторапатита, c — зёрна сапфирина, d — кристалл фторапатита с синтаксическими врастками пластинок графита (черное), e — пироп-альмандин (Prp—Alm) с округлыми включениями кварца (Qz), f — гроссуляр-альмандин (Grs—Alm) с включениями кварца. a, d—f — фото в отраженных электронах на СЭМ РЭММА-202 М, b — фото под бинокулярным микроскопом

Fig. 8. Accessory minerals in calcite carbonatites of Cape Marmara (the pit 287): a — graphite crystal, b — rounded fluorapatite crystals, c — sapphirine grains, d — fluorapatite crystal with syntactic ingrowths of graphite plates (black), e — pyrope-almandine (Prp-Alm) with rounded quartz inclusions (Qz), f — grossular-almandine (Grs-Alm) with quartz inclusions. a, d—f — photo in reflected electrons by SEM REMMA-202 M, b — photo under a binocular microscope

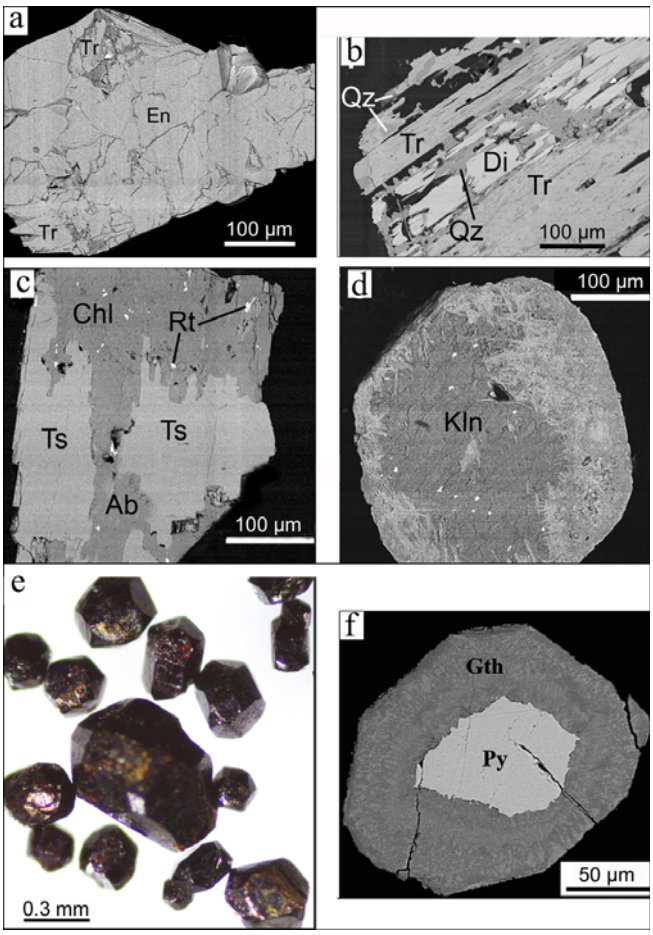


Рис. 9. Акцессорные минералы в кальцит-доломитовых карбонатитах и продукты их замещения: a — замещение энстатита тремолитом, b — замещение диопсида тремолитом и кварцем, c — замещение чермакита альбитом и кварцем, d — псевдоморфоза каолинита по кристаллу мусковита, e — псевдоморфозы гётита по кристаллам пирита, f — реликт пирита в ядре псевдоморфозы гётита по пириту. a — d, f — фото в отраженных электронах на СЭМ РЭММА-202 М, e — фото под бинокулярным микроскопом

Fig. 9. Accessory minerals in calcite-dolomite carbonatites and products of their replacement: a — replacement of enstatite with tremolite, b — replacement of diopside with tremolite and quartz, c — replacement of chermakite with albite and quartz, d — pseudomorphism of kaolinite in the muscovite crystal, e — pseudomorphs of goethite in pyrite crystals, f — relict of pyrite in the core of pseudomorphs of goethite in pseudomorphs of goethite in pseudomorphs. a — d, f — photo in reflected electrons by SEM REMMA-202 M, e — photo under a binocular microscope

Таблица 1. **Список минералов из кальцит-доломитовых карбонатитов Ильменских гор и Кучинского участка Пластовского района**

Table 1. **List of minerals from calcite-dolomite carbonatites of the Ilmeny Mountains and the Kuchinsky site of the Plastovsky district**

№	Минералы Minerals	Зимник (копь 287) Winter road (pit 287)	Мраморный мыс (копь 228) Mramorny cape (pit 228)	Кучинский карьер Kuchinsky quarry	№	Минералы Minerals	Зимник (копь 287) Winter road (pit 287)	Мраморный мыс (копь 228) Mramorny cape (pit 228)	Кучинский карьер Kuchinsky quarry
1	Актинолит / Actinolite	+			34	Пирротин / Pyrrhotite	+	+	+
2	Альмандин / Almandine	+		+	35	Пироп-альмандин Pyrope-almandine		+	
3	Альмандин-гроссуляр Almandine-grossular	+			36	Плагиоклаз кислый Plagioclase acidic	+	+	+
4	Андрадит / Andradite	+	+	+	37	Плагиоклаз основной Plagioclase basic	+	+	
5	Анортит / Anorthite	+			38	Рутил / Rutile	+	+	+
6	Биотит / Biotite	+	+		39	Саданагаит / Sadanagaite		+	
7	Везувиан / Vesuvian			+	40	Сапфирин / Sapphirine	+	+	
8	Волластонит / Wollastonite	+		+	41	Сера самородная Native sulfur			+
9	Галенит / Galena	+		+	42	Серпентин / Serpentine	+	+	
10	Гематит / Hematite	+	+		43	Скаполит / Scapolite	+	+	
11	Гётит / Goethite	+		+	44	Спессартин-альмандин Spessartine-almandine	+	+	
12	Графит / Graphite	+	+	+	45	Сфалерит / Sphalerite	+		+
13	Гроссуляр / Grossular	+			46	Титанит / Titanite	+	+	+
14	Гроссуляр-альмандин Grossular-almandine	+	+		47	Тремолит / Tremolite	+	+	+
15	Диопсид / Diopside	+	+	+	48	Уваровит / Uvarovite			+
16	Доломит / Dolomite	+	+	+	49	Фторфлогопит Fluoroflogopite	+	+	+
17	Дравит / Dravite			+	50	Флюорит / Fluorite			+
18	Железо самородное Native iron	+	+		51	Фторапатит / Fluorapatite	+	+	+
19	Ильменит / Ilmenite	+	+		52	Фтортремолит Fluorotremolite			+
20	Калишпат Potassium feldspar	+		+	53	Халькопирит / Chalcopyrite	+		+
21	Кальцит / Calcite	+	+	+	54	Хлорит / Chlorite	+	+	+
22	Кварц / Quartz	+	+	+	55	Хондродит / Chondrodite			+
23	Корунд (рубин) Corundum (Ruby)	+		+	56	Хромит / Chromite		+	
24	Магнезиогастингсит Magnesiogastingsite	+			57	Хроммагнетит Chrommagnetite		+	
25	Магнезиогорнбленд Magnesiogornblende		+		58	Циркон / Zircon	+	+	
26	Магнетит / Magnetite	+	+		59	Цоизит / Zoisite	+	+	
27	Молибденит / Molybdenite		+		60	Чермакит / Chermakite		+	
28	Мусковит / Muscovite			+	61	Шпинель / Spinel	+		+
29	Норбергит / Norbergite			+	62	Эденит / Edenite	+		
30	Оливин / Olivine		+		63	Энстатит / Enstatite	+		
31	Парагонит / Paragonite	+			64	Эпидот / Epidote	+	+	+
32	Паргасит / Pargasite	+	+	+	65	Шеелит / Scheelite		+	
33	Пирит / Pyrite	+		+					

Примечание. Таблица составлена по нашим данным с привлечением сведений из работ [11, 28]. Крест — минерал присутствует, пустая ячейка — сведения отсутствуют.

Note. The table is compiled according to our data using information from the works [11, 28]. Cross — mineral present, empty cell — no information.

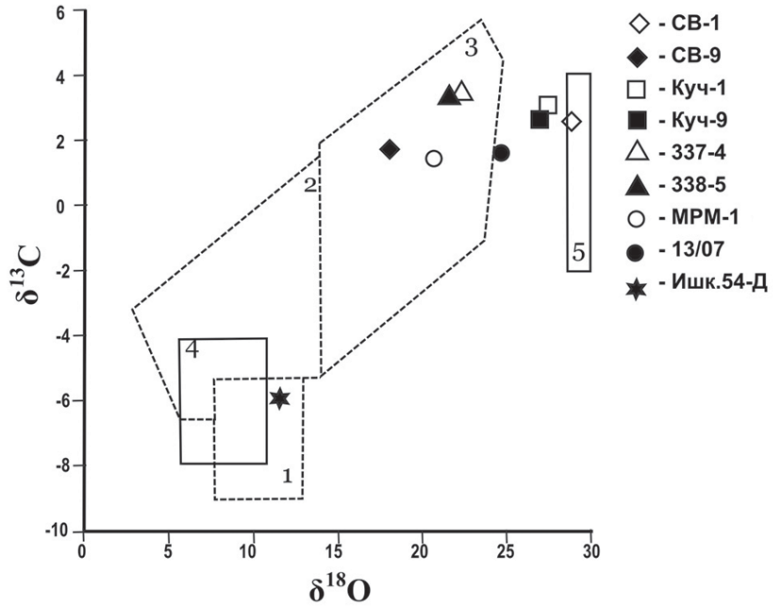


Рис. 10. Соотношение изотопов O и C в кальцит-доломитовых породах (карбонатитах) Ильменских гор и Пластовского района Челябинской области (по данным табл. 2). Поля на диаграмме [8]: 1 — первичные магматические карбонатиты Западного Алдана, 2 — карбонатиты обрамления платформ, 3 — карбонатиты складчатых областей [5], 4 — карбонатиты, 5 — морские (осадочные) карбонаты [48]

Fig. 10. The ratio of O and C isotopes in calcite-dolomite rocks (carbonatites) of the Ilmeny Mountains and the Plastovsky district of the Chelyabinsk region (according to table 2). Fields in the diagram (cited by [8]: 1 — primary magmatic carbonatites of Western Aldan, 2 — carbonatites of the platform framing, 3 — carbonatites of the folded regions [5], 4 — carbonatites, 5 — marine (sedimentary) carbonates [48]

Таблица 2. **Изотопный состав кальцита из доломит-кальцитовых пород (карбонатитов) Ильменских гор и Пластовского района Челябинской области**

Table 2. **Isotopic composition of calcite from dolomite-calcite rocks (carbonatites) of the Ilmeny Mountains and Plast district of the Chelyabinsk region**

№ п.п.	Проба Sample	$\delta^{13}C$	$\delta^{18}O$	Порода / Rocks
1	СВ-1	2.54	28.92	Мелкозернистая Cal-Dol с Phl и Gr полосчатая с мелкими выделениями серы Small-grained Cal-Dol with Phl and Gr banded with small sulphur secretions
2	СВ-9	1.77	18.10	Крупнозернистая Cal-Dol с отдельными зернами Prg, Vs, Py Coarse-grained Cal-Dol with separate grains of Prg, Vs, Py
3	Куч-1	3.09	27.49	Мелкозернистая с отдельными зернами алой Spl, Py, Qz Small-grained with separate grains of red Spl, Py, Qz
4	Куч-9	2.61	27.08	Гигантозернистая с отдельными зернами Phl, Tr, Prg Giant-grained with separate grains of Phl, Tr, Prg
5	337-4	3.52	22.39	Среднезернистая Cal-Dol с отдельными зернами Zrn, микросферулами Fe Medium-grained Cal-Dol with separate grains of Zrn, Fe microspherules
6	338-35	3.39	21.64	Среднезернистая Dol-Cal Medium-grained Dol-Cal
7	МРМ-1	1.43	20.76	Среднезернистая Cal с отдельными зернами F-Ap, Grt, Gr, Tr Medium-grained with separate grains of F-Ap, Grt, Gr, Tr
8	13/07	1.60	24.80	Среднезернистая Cal с отдельными зернами F-Ap, Grt, Gr, Tr Medium-grained with separate grains of F-Ap, Grt, Gr, Tr
9	Ишк.54-Д	-5.96	11.67	Крупнозернистая Cal с примесью зёрен (25–30 об. %) Fo, Spl, Di, Prg, F-Ap, Kfs, Phl, Ttn, Scp, Gr, Qz, Dol Coarse-grained Cal with impurity of grains (25-30Vol%) Fo, Spl, Di, Prg, F-Ap, Kfs, Phl, Ttn, Scp, Gr, Qz, Dol

Примечание. Анализы выполнены И.В. Смолевой в ЦКП «Геонаука» ИГ Коми НЦ УрО РАН. Анализ 8 заимствован из [8]. Cal — кальцит, Dol — доломит, Spl — шпинель, Fo — форстерит, Di — диопсид, Prg — паргасит, F-Ap — фторапатит, Kfs — калишпат, Phl — флогопит, Ttn —титанит, Scp — скаполит, Qz — кварц, Gr — графит, Vs — ваэсит, Py — пирит, Tr — тремолит, Grt — гранат, Zrn — циркон.

Note. Analyses performed by I.V. Smoleva in Geonauka CCU IG Komi SC UB RAS. Analysis 8 is borrowed from [8]. Cal — calcite, Dol — dolomite, Spl — spinel, Fo — forsterite, Di — diopside, Prg — pargasite, F-Ap — fluorapatite, Kfs — potassium feldspar, Phl — phlogopite, Ttn —titanite, Scp — scapolite, Qz — quartz, Gr — graphite, Vs — vaesite, Py — pyrite, Tr — tremolite, Grt — garnet, Zrn — zircon.

Таблица 3. **Состав карбонатов из доломит-кальцитовых мраморов (карбонатитов) Южного Урала**

Table 3. **Composition of carbonates from dolomite-calcite marbles (carbonatites) of the South Urals**

Локализация Location	Мраморный мыс Mramorny Cape		Копь 287 (Зимник) Pit 287 (winter road)						Кучинский карьер Kuchinsky quarry				Светлинский карьер Svetlinsky quarry			
Минералы Minerals	Cal	Dol	Cal	Dol	Cal	Dol	Cal	Dol	Cal	Dol	Cal	Dol	Cal	Dol	Cal	Dol
№ п.п.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
FeO		0.25	0.01	0.59	0.06	0.13		0.08		0.28	0.19		–	–		
MnO					0.11	0.06	0.15	0.05	0.13	0.14		0.14	–	0.03		
MgO	0.33	20.53	5.72	21.56	0.04	22.22	1.30	20.83	1.99	21.42		21.42	1.11	20.98	2.04	21.24
CaO	55.52	31.81	49.53	30.11	55.53	30.15	53.61	31.09	53.31	31.01	55.15	31.01	55.18	30.96	53.29	30.81

Примечание. Cal — кальцит, Dol — доломит. Прочерк — не обнаружено, пустая ячейка — нет данных. В пробе 14 обнаружено 0.43 мас. % SrO, в пробе 15 — 0.44 мас. % SO_3. Состав карбонатов определён В. А. Котляровым на СЭМ РЭММА-202 М.

Note. Cal — calcite, Dol — dolomite. Empty cell — not detected. Dash - not found, empty cell — no data. In sample 14 found 0.43 wt. % of SrO, in sample 15 — 0.44 wt. % of SO_3. The composition of carbonates was performed by V. A. Kotlyarov on SEM REMMA-202 M.

и определения по породам из Мраморного мыса и оз. Ишкуль, укладываются в интервал температур образования (в среднем от 600 до 900 °С) карбонатитовых ассоциаций [38].

Вероятно, эти породы являются порождением карбонатной магмы, возникшей при переплавлении осадочных карбонатных пород в зонах субдукции [7], либо под влиянием тепла гранитных интрузий. Гипотеза возникновения таким путём карбонатных магм уже высказывалась [25], а сейчас поддерживается и другими исследователями [7, 28, 29, 31]. Этим можно объяснить резкую обеднённость таких карбонатитов редкими землями и металлами по сравнению с «классическими» карбонатитами. Происхождение последних связано с щелочным-ультраосновным магматизмом, поскольку протолит таких карбонатных магм (осадочные карбонатные толщи) изначально содержит очень мало этих элементов. Очевидно, был прав О. Иванов [9], призывавший не привлекать для отнесения к карбонатитам лишь те карбонатные породы магматического происхождения, которые несут рудную (редкометалльную и редкоземельную) нагрузку, которая часто возникает в постмагматическую стадию. Этот же вывод вытекает и из данных [23] о существенном различии возраста карбонатитов Ильмено-Вишневогорского комплекса (425 ± 44 млн лет) и редкометалльного оруденения в них (231 ± 29 млн лет).

Наличие в образцах исследуемых пород синтаксических сростков различных минералов — пироксенов, амфиболов, гранатов, слюд и плагиоклазов — позволило определить температуры возникновения таких сростков, используя инструментарий геотермометрических сенсоров авторской программы Petroexplorer [20]. Эти сенсоры разработаны на основе классических геотермометров различных авторов, хорошо известных в петрологической литературе [9, 33, 40, 43, 45, 50—53]. Результаты определений температуры образования для различных равновесных парагенезисов каждого образца приведены в таблице 6. Разброс значений температуры для одних и тех же образцов, определенных различными методами, достаточно велик, но он укладывается в пределы, установленные для карбонатитовых ассоциаций (см. выше). Равновесное давление для этих парагенезисов, определенное с помощью амфиболовых геобарометров [33, 44, 55], колеблется в диапазоне от 8 до 12 кбар.

Таким образом, независимыми методами геотермометрии подтверждены высокотемпературные и вы-

Таблица 4. **Температура образования доломит-кальцитовых карбонатитов Ильменских гор по кальцит-графитовому геотермометру разных авторов**

Table 4. **The temperature of formation of dolomite-calcite carbonatites of the Ilmeny Mountains using calcite-graphite geothermometer of various authors**

Образец Sample	Кальцит / Calcite		Графит / Graphite	$\Delta_{(Cc\text{-}Gr)}$	Температура (°С) / Temperature (°С)			
	$\delta^{18}O$	$\delta^{13}C$	$\delta^{13}C$		[57]	[42]	[47]	[49]
МРМ-1	20.76	1.43	–2.83(3)	4.26	591	646	641	580
Ишк. 54	11.67	–5.96	–8.97(4)	3.01	758	744	814	795

Примечание. Анализы выполнены И. В. Смолевой в ЦКП «Геонаука» ИГ Коми НЦ УрО РАН.

Note. Analyses performed by I. V. Smoleva in Geonauka CCU of IG Komi SC UB RAS.

Таблица 5. **Изотопные отношения углерода и кислорода в кальцитах из карбонатитов разных регионов**

Table 5. **Isotopic ratios of carbon and oxygen in calcites from carbonatites of different regions**

№ анализа Test No.	Регион, участок / Region, Area	$\delta^{13}C$	$\delta^{18}O$	Источник Source
1	Индия / India	–3.1—6.0	5.5—7.0	[54]
2	Индия / India	–2.0—6.0	6.0—15.0	[56]
3	Африка / Africa	–4.0—8.0	6.0—10.0	[46]
4	о. Фуэртевентура / Fuerteventura Island	–5.5	6.5—7.0	[38]
5	Косью / Kosyu	–3.6—6.5	8.6—21.1	[38]
6	Таймыр / Taymyr	–2.3—16.5	12.6—21.0	[29]
7	Ишкуль / Ishkul	–5.96	11.67	Наши данные Our data
8	Миассово (копь 287) / Miassovo (pit 287)	+3.52	22.39	-/-
9	Миассово (копь 287) / Miassovo (pit 287)	+3.39	21.64	-/-
10	Миассово (Мраморный мыс) / Miassovo (Mramorny Cape)	+1.43	20.76	-/-
11	Миассово (Мраморный мыс) / Miassovo (Mramorny Cape)	+1.6	24.8	-/-
12	Кучино (Пластовский р-н) / Kuchino (Plastovsky district)	+3.09	27.49	-/-
13	Кучино (Пластовский р-н) / Kuchino (Plastovsky district)	+2.61	27.08	-/-
14	Светлинский (Пластовский р-н) / Svetlinsky (Plastovsky district)	+2.54	28.92	-/-
15	Светлинский (Пластовский р-н) / Svetlinsky (Plastovsky district)	+1.77	18.6	-/-

сокобарические условия образования кальцит-доломитовых пород Ильменских гор и Пластовского района. Это обстоятельство наряду с залеганием пород в форме даек (примеры из Кучинского и Светлинского карьеров) подтверждает нашу гипотезу об отнесении описанных выше пород к магматическим образованиям (карбонатитам).

Заключение

Тела доломит-кальцитовых пород Ильменских гор и Пластовского района Челябинской области имеют много общего в акцессорной минерализации и геохимической специфике. Их прямое сопоставление затруднено из-за отсутствия в Ильменских горах признаков интрузивного внедрения карбонатных пород, тогда как в Пластовском районе они очевидны (залегание в форме даек и штоков). Впервые полученные данные об изотопном составе О и С кальцитов и графитов доломит-кальцитовых пород Ильменских гор и даек аналогичного состава в Пластовском районе позволили подтвердить предположение об их магматическом генезисе. Сравниваемые кальцит-доломитовые породы Ильменских гор и Пластовского района не обнаруживают пространственной связи с проявлениями щелочного магматизма. Более того, в Ильменских горах они возникли до начала становления миаскитового комплекса, т. е. они древнее 440—445 млн лет. В Пластовском же районе дайки кальцит-доломитового состава, рассекающие мраморы и известняки нижнего карбона, оказываются значительно более молодыми (менее 328 млн лет). При всём этом изотопные соотношения С и О в их кальците близки (табл. 5). В других разновозрастных карбонатитах мира, имеющих единый магматический источник, также наблюдается близкое соотношение изотопов С и О в кальците. Так, несмотря на огромный временной интервал внедрения массивов карбонатитов Индии (от 2400 до 65 млн лет), средние величины изотопных соотношений $\delta^{13}C$ и $\delta^{18}O$ у них находятся в пределах небольших колебаний ($\delta^{13}C$ = –3.1...6.0 ‰, $\delta^{18}O$ = 5.3—7.0 ‰ [54]). Вероятно, при образовании карбонатитов одной формационной принадлежности, независимо от возраста внедрения, сохраняется единый источник поступающего вещества — мантийный для «классических» карбонатитов и коровый для кальцит-доломитовых, описываемых нами, что сказывается на минеральном составе и геохимической специфике образующихся пород. Это отчетливо проявляется при сравнении данных по изотопии С и О, приведенных в таблице 5. Они относятся к проявлениям карбонатитов, связанных с ультраосновным-щелочным магматизмом (анализы 1—7), и к породам, такой связи не обнаруживающим (анализы 8—15).

Определённая по изотопным соотношениям С и О в кальците и графите и по другим минеральным геотермометрам изученных нами пород температура образования карбонатных тел (590—1000 °С) близка к интервалу температур образования (600—900 °С) карбонатитовых ассоциаций [38]. По этим же соотношениям изотопов в кальцитах составы протолитов карбонатных пород располагаются в пределах полей карбонатитов складчатых областей и в переходной зоне к карбонатам морского происхождения [5]. Наши данные подтверждают мнение о таких карбонатитах: «Главная отличительная их особенность — отсутствие редкометалльных акцессорных минералов и низкие содержания редкометалльных компонентов (Nb, Zr, Ce и др.). С карбонатитами их объединяет морфология тел, текстуры и структуры пород» [29, стр. 101]. Мы полагаем, что штокообразные тела и жилы карбонатитов можно трактовать как интрузивные тела специфической по составу карбонатной магмы.

Таблица 6. **Оценка температур образования кальцит-доломитовых пород по различным геотермометрам на основании состава сосуществующих акцессорных минералов**

Table 6. **Assessment of temperatures of formation of calcite-dolomite rocks according to various geothermometers based on the composition of coexisting accessory minerals**

Участок Area	Мраморный мыс (копь 228) / Mramorny Cape (pit 228)										Копь 287 / Pit 287			Ишкуль / Ishkul					
Сенсоры Sensors	Grt	Px	Grt	Amp	Grt	Bt	Amp	Pl	Px	Amp	Amp	Grt	Px	Grt	Amp	Amp	Pl	Px	Amp
SiO_2	37.69	52.03	37.69	43.02	37.69	34.15	43.02	62.2	55.63	46.62	46.06	37.26	54.53	38.28	48.86	48.86	45.9	54.01	48.86
TiO_2	0.11	0.53	0.11	1.4	0.11	9.56	1.4	0	0	0.71	0.3	0	0	0.18	0.48	0.48	34.55	0.23	0.48
Al_2O_3	21.46	2.24	21.46	16.97	21.46	13.27	16.97	23.79	0.88	11.11	15.25	20.58	1.36	21.4	15.22	15.22	0	1.21	15.22
Cr_2O_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.16	0	0	0.33	0.33	0	0.14	0.33
FeO	33.36	9.95	33.36	5.97	33.36	21.06	5.97	0	0.75	12.48	0.02	32.07	4.84	27.64	6.69	6.69	0	1.69	6.69
Fe_2O_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MnO	0.38	0.16	0.38	0	0.38	0	0	0	0	0.15	0	2.67	0.69	0.85	0.05	0.05	0	0	0.05
MgO	4.66	13.37	4.66	16.31	4.66	9.27	16.31	0.07	17.67	12.66	19.94	2.42	14.57	9.68	15.57	15.57	0	17.83	15.57
CaO	1.51	21.23	1.51	11.44	1.51	0	11.44	5.25	23.91	11.28	12.7	4.56	23.4	1.98	13.73	13.73	17.65	24.69	13.73
Na_2O	0	0.46	0	2.58	0	0.15	2.58	8.21	0.65	1.2	2.55	0	0.48	0	1.45	1.45	1.36	0	1.45
K_2O	0	0	0	0.24	0	8.4	0.24	0.39	0	0.33	0.48	0	0	0	1.81	1.81	0	0	1.81
Сумма	99.17	99.97	99.17	97.93	99.17	95.86	97.93	99.91	99.49	96.54	97.30	99.72	99.87	100.01	104.19	104.19	99.46	99.8	104.19
T, °C	715 [41]		737 [52]		741 [51]		712 [46]		827 [54]		987 [44]			998 [52]		658 [46]		1051 [54]	
P, кбар	8 [45, 57]		10 [45, 57]		10 [45, 57]		10 [33]		9 [45, 57]		8 [45, 57]			8 [2,3]		8 [45, 57]		12 [2, 3]	

Участок / Area	Светлинский карьер / Svetlinsky quarry								Кучинский карьер / Kuchinsky quarry			
Сенсоры / Sensors	Grt	Px	Grt	Px	Grt	Amp	Grt	Bt	Grt	Amp	Amp	Pl
SiO_2	35.27	51.9	35.27	51.9	35.27	44.07	37.79	34.94	39.54	44.91	44.91	63.91
TiO_2	1.47	0.37	1.47	0.37	1.47	0.76	0	4.6	0	0	0	0
Al_2O_3	1.88	3.29	1.88	3.29	1.88	16.47	20.83	16.05	22.03	15.06	15.06	22.79
Cr_2O_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0.3	0
FeO	0	9.06	0	9.06	0	6.59	22.79	23.44	26.99	0	0	0
Fe_2O_3	28.06	0	28.06	0	28.06	0	0	0	0	0	0	0
MnO	0	0.14	0	0.14	0	0	7.36	0.3	0.41	0	0	0
MgO	0.59	15.06	0.59	15.06	0.59	15.61	2.78	6.97	8.56	20.04	20.04	0
CaO	32.53	19.17	32.53	19.17	32.53	11.6	7.89	0	2.33	13.43	13.43	3.75
Na_2O	0	0.46	0	0.46	0	2.21	0	0.16	0	3.16	3.16	9.07
K_2O	0	0	0	0	0	0.3	0	9.11	0	0.93	0.93	0.55
Сумма / Total	99.8	99.45	99.8	99.45	99.8	97.61	99.44	95.57	99.86	97.83	97.83	100.07
T, °C	567 [55]		788 [44]		574 [52]		812 [51]		868 [52]		670 [33]	
P, кбар / P, Kbar	10 [45, 57]		10 [45, 57]		10 [45, 57]		10 [45, 57]		9 [33]		9 [33]	

Примечание. Давление по [45, 57] бралось как среднее арифметическое из двух значений каждого геобарометра.

Note. Pressure according to [45, 57] was taken as the arithmetic mean of two values of each geobarometer.

Авторы признательны доктору геол.-мин. наук Т. Г. Шумиловой (Коми НЦ УрО РАН) за ценные советы и содействие в проведении изотопных исследований и С. В. Колисниченко за предоставление образцов карбонатных пород из Светлинского и Кучинского карьеров в Пластовском районе.

Литература

1. Багдасаров Ю. А. К вопросу о рациональной систематике пород карбонатитового семейства // Отечественная геология. 2008. № 1. С. 87—93.

2. Багдасаров Ю. А., Банникова Л. А., Ивановская И. Н. Изотопный состав углерода сосуществующих графитов и карбонатов из карбонатитов Черниговской зоны (Приазовье) и некоторые черты их генезиса // Доклады АН СССР. 1982. Т. 262. № 4. С. 967—970.

3. Баженов А. Г., Белогуб Е. В., Ленных В. И., Рассказова А. Д. Уфимская широтная структура Урала. Путеводитель экскурсий. Миасс: ИМин УрО РАН, 1992. 89 с.

4. Вализер П. М., Чередниченко С. В., Краснобаев А. А. Минералогия, геохимия и возраст метакарбонатно-силикатных пород Ильменогорского комплекса // Литосфера. 2019. № 1. С. 93—110.

5. Владыкин Н. В. Изотопная систематика и глубинные источники щелочных-карбонатитовых комплексов Сибири и Монголии // Щелочной магматизм Земли и его рудоносность. Киев, 2007. С. 43—45.

6. Диваев Ф. К. Чагатайский комплекс карбонатитов: новый тип магматических пород Узбекистана // Узбекский геол. журнал. 1996. № 6. С. 32—41.

7. Иванов К. С. О природе карбонатитов Урала // Литосфера. № 1. 2011. С. 20—33.

8. Иванов К. С., Ерохин Ю. В., Погромская О. Э. Изотопия углерода и кислорода в карбонатитах и мраморах Урала // Тезисы докл. XI Всерос. петрограф. совещ. Т. 1. Екатеринбург, УрО РАН, 2010. С. 271—272.

9. Иванов О. К. О принципах систематики карбонатитов и эндогенных карбонатных пород // Уральский геологический журнал. 2010. № 1.С. 77—81.

10. Капустин Ю. Л. Минералогия карбонатитов. М.: Наука, 1971. 288 с.

11. Кисин А. Ю. Месторождения рубина в мраморах (на примере Урала). Свердловск: УрО АН СССР, 1991.130 с.

12. Кисин А. Ю., Мурзин В. В., Притчин М. Е. Золото в мраморах Светлинского карьера (Южный Урал) // Ежегодник-2016. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2017. С. 223—226.

13. Когарко Л. Н., Рябчиков И. Д., Диваев Ф. К., Вол Ф. Режим соединений углерода алмазоносных карбонатитов Узбекистана // Геохимия. 2010. № 11. С. 1123—1131.

14. Колисниченко С. В., Попов В. А. «Русская Бразилия» на Южном Урале. Минералы долин рек Санарки, Каменки и Кабанки: Энциклопедия уральского камня. Челябинск: Санарка, 2008. 528 с.

15. Коптев-Дворников В.С., Кузнецов Е.А. Борзовское месторождение корунда: Петрологическое исследование. М.: Госгеолтехиздат, 1931. 318 с.

16. Кориневский В. Г. Ваэсит (NiS_2) — первая находка в карбонатитах // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2019. № 5. С. 13—19.

17. Кориневский В. Г., Кориневский Е. В. Новый тип карбонатитов на Урале // Литосфера. 2013. № 3. С. 43—56.

18. Кориневский В. Г., Кориневский Е. В. Результаты геолого-петрографичесских исследований Ильменогорского комплекса за последние 20 лет (1998—2018 гг.) // Минералогия. 2020. № 2. С. 67—99.

19. Кориневский В. Г., Кориневский Е. В., Котляров В. А. Редкометалльная минерализация в необычных скаполитовых породах Ильменских гор (Южный Урал) // Записки РМО. 2018. № 4. С. 52—68.

20. Кориневский Е. В. PetroExplorer — система для создания геохимических информационно-аналитических массивов в процессе тематических исследований // Геоинформатика. 2015. № 4. С.48—53.

21. Краснобаев А. А., Вализер П. М., Бушарина С. В., Медведева Е. В. Цирконология миаскитов Ильменских гор (Южный Урал) // Геохимия. 2016. № 9. С. 797—813.

22. Левин В. Я., Роненсон Б. М., Самков В. С., Левина И. А., Сергеев Н. С., Киселёв А. П. Щелочно-карбонатитовые комплексы Урала. Екатеринбург: Уралгеолком, 1997. 274 с.

23. Недосекова И. Л. Возраст и источники вещества Ильмено-Вишневогорского щелочного комплекса (Урал, Россия): геохимические и изотопные Rb-Sr, Sm-Nd, Lu-Hf-данные // Литосфера. 2012. № 5. С. 77— 95.

24. Недосекова И. Л., Прибавкин С. В. Карбонатиты Ильмено-Вишневогорского комплекса: геология, вещественный состав, возраст, геохимия, источники вещества. Геохимия, петрология, минералогия и генезис щелочных пород. Материалы Всероссийского совещания. Миасс: ИМин УрО РАН, 2006. С. 167—173.

25. Петров В. П. Магма и генезис магматических горных пород. М.: Недра, 1972. 134 с.

26. Попов В. А. К реинтерпретации генезиса тел карбонатных пород на юго-западном побережье озера Байкал // Уральский минералогический сборник № 9. Миасс: ИМин УрО РАН, 1999. С.102—108.

27. Попов В. А., Макагонов Е. П., Никандров С. Н. О новых проявлениях карбонатитов на Урале // *Уральский минералогический сборник № 8.* Миасс: ИМин УрО РАН, 1998. С. 240—248.

28. Попов В. А. Колисниченко С. В. К минералогии карбонатитов Русской Бразилии на Южном Урале // Урал. минералог. сб. № 15. Миасс: ИМин УрО РАН, 2008. С. 75—84.

29. Проскурнин В. Ф., Петров О. В., Гавриш А. В., Падерин П. Г., Мозолева И. Н., Петрушков Б. С., Багаева А. А. Раннемезозойский пояс карбонатитов полуострова Таймыр // Литосфера. 2010. № 3. С. 95—102.

30. Рассказова А. Д., Ленных В. И., Вализер Н. И. Кальцифиры и мраморы нижних толщ Ильмено-Вишневогорского комплекса // Ежегодник-1985. Свердловск: ИГГ УНЦ АН СССР, 1986. С. 68—71.

31. Скляров Е. В., Федоровский В. С., Котов А. Б., Лавренчук А. В., Мазукабзов А. М., Старикова А. Е. Карбоналиты — продукты плавления метаосадочных пород в коллизионных обстановках: Характер проявления и тектонические следствия // Тектоника и геодинамика складчатых поясов и платформ фанерозоя: Материалы XLIII Тектонического совещ. Т. 2. М.: ГЕОС, 2010. С. 261—265.

32. Степанов С. Ю., Лепёхин Е. Н., Паламарчук Р. С., Шарпёнок Л. Н. Возраст и изотопные характеристики минерализованных карбонатных пород, сопряжённых с магматитами Кусинско-Копанского габбрового интрузива, Южный Урал // Металлогения древних и современных океанов — 2019. Миасс — Екатеринбург: Форт-Диалог-Исеть, 2019. С. 266—269.

33. Ферштатер Г. Б. Эмпирический плагиоклаз — роговообманковый барометр // Геохимия. 1990. № 3. С. 328—342.

34. Фрих-Хар Д. И., Ашихмина Н. А., Муравицкая Г. Н., Севостьянов М. А. Об акцессорных минералах эффузивных карбонатитов и фонолитов островов Зелёного Мыса // Доклады АН СССР. 1988. Т. 303. № 6. С. 1455—1459.

35. Фролов А. А., Толстов А. В., Белов С. В. Карбонатитовые месторождения России. М.: НИА-Природа, 2003. 494 с.

36. Чередниченко С. В., Котляров В. А. Минералого-геохимическая характеристика карбонатитов Ильменогорского миаскитового массива (Южный Урал) // Записки РМО. 2014. Т. 143. № 3. С. 105—114.

37. Шафрановский Г.И. Кристалломорфология графита из Ильменских гор // Минералогические исследования эндогенных месторождений Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1982, 44—53.

38. Шумилова Т. Г. Находка алмазов и графитоподобного вещества в карбонатитах о. Фуэртевентура, Испания // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2005. № 10. С. 17—18.

39. Шумилова Т. Г., Ковальчук Н. С., Мингалев А. Н., Диваев Ф. К. Изотопный состав углерода и кислорода карбонатов и карбонатитов Косьюского массива (Средний Тиман) // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2012. № 4. С. 9—13.

40. Anovitz L. M., Essene E. J. Phase equilibria in the system $CaCO_3$-$MgCO_3$-$FeCO_3$. Journal of Petrology, 1987, V. 28, pp. 389—414.

41. Ashchepkov I. V., Pokhilenko N. P., Vladykin N. V., Rotman A. Y., Afanasiev V. P., Logvinova A. M., Kostrovitsky S. I., Pokhilenko L. N., Karpenko M. A., Kuligin S. S., Malygina E. V., Stegnitsky Y. B., Alymova N. A., Khmelnikova O. S. Reconstruction of mantle sections beneath Yakutian kimberlite pipes using monomineral thermobarometry // In: Coltorty M. & Goire G. M. (eds) Metasomatism in Oceanic and Continental Lithospheric Mantle, Geological Society, London, Special Publications, 2008, V. 293, pp. 335—352.

42. Djuraev A. D., Divaev F.K. Melanocratic carbonatites — new type of diamond-bearing rocks, Uzbekistan. Mineral Deposits: Processesto Processing. Stanley et al. (eds.), Balkema, Rotterdam, 1999, V.1, pp. 639—642.

43. Dunn S. R., Valley J. W. Calcite-graphite isotope thermometry: a test for polymetamorphism in marble, Tudor gabbro aureole, Ontario, Canada. Journal of Metamorphic Geology, 1992, V. 10, pp. 487—501.

44. Ellis D. J., Green D. H. An Experimental study of the effect of Ca upon garnet-clinopyroxene Fe-Mg exchange equilibria // Contrib. Mineral. Petrol., 1979, V. 71, pp.13—22.

45. Hammarstrцm J. M., Zen E-An. Aluminium in hornblende: an empirical igneous geobarometer // Amer. Miner., 1986, V. 71, No. 11/12, pp. 1297—1313.

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

47. Horstmann U. E., Verwoerd W. J. Carbon and oxygen isotope variations in southern African carbonatites. Journal of African Earth Sciences, 1997, V. 25, No. 1, pp. 115—136

48. Kitchen N. E., Valley J. W. Carbon isotope thermometry in marbles of the Adirondack Mountains, New York Journal of Metamorphic Geol.ogy, 1995, V. 13, pp. 577—594.

49. Kerrich R. W. Geochemical evidence on the source of fluids and solutions for shear zone hosted mesothermal Au deposits. Mineralization in Shear Zones. J. T. Bursnal (Ed.). Geological Association of Canada. Short Course Notes, 1989, No. 6, pp. 129—197.

50. Kueter N., Lilley M. D., Schmidt M. W., Bernasconi S. M. Experimental carbonatite/graphite carbon isotope fractionation and carbonate/graphite geothermometry. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2019, V. 253, pp. 290—306.

51. Perchuk L. L. Derivation of termodynamically consistent system of geothermometers and geobabarometers for metamorphic and magmatic rocks. Progress in metamorphic and magmatic petrology. L. L. Perchuk (Ed.). Cambridge University Press, 1990, pp. 93—112.

52. Perchuk L. L., Lavrent'eva I. V. Some equilibria involving garnet, orthopyroxene and amphibole as geothermometers and geobarometers for metamorphic rocks. Experiment-89, Informative volume, Moscow, Nauka, 1990, pp. 44—45.

53. Peretyazhko I. S., Savina E. A., Khromova E. A. Minerals of the rhцnite-kuratite series in paralavas from a new combustion metamorphic complex of Choir-Nyalga Basin (Central Mongolia): chemistry, mineral assemblages, and formation conditions // Mineralogical Magazine, 2017, V. 81, pp. 949—974.

54. Plyusnina L. P. Experimental study on metabasite equilibria, geothermometry. Experiment in the solution of topical problems in geology. Moscow, Nauka, 1986, pp. 174—183.

55. Powell R. Regression diagnostics and robust regression in geothermometer/geobarometer calibration: the garnet-clinopyroxene geothermometer revised. // J. Metamorphic Geol., 1985, V. 3, No. 3, pp. 231—243.

56. Ray J. S., Ramesh R. Stable carbon and oxygen isotopic composition of Indian carbonatites. International Geology Review, 2006, V. 48, No. 1, pp. 17—45.

57. Schmidt M. W. Experimental calibration of the Al-in-hornblende geobarometer at 650 °C, 3.5—13.0 kbar. // Terra abstracts, 1991, V. 3, No. 1, pp. 30.

58. Srivastava R., Taylor L. A. Carbon- and oxygen-isotope variations in Indian carbonatites. International Geology Review, 1996, No. 5, pp. 419—429.

59. Valley J. W., ONeil J. R. $^{13}C/^{12}C$ exchange between calcite and graphite: a possible thermometer in Grenville marbles. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1981, V. 45, pp. 411—419.

References

1. Bagdasarov Yu. A. *K voprosu o ratsional noy sistematike porod karbonatitivogo semeystva* (To the question about the reasonable systematic of rocks of carbonatite family). Otechestvennaya geologiya, 2008, No. 1, pp. 87—93.

2. Bagdasarov Yu. A., Bannikova L. A., Ivanovskaya I. N. *Izotopnyi sostav ugleroda sosushchestvuyushchikh grafitov i karbonatov iz karbonatitov Chernigovskoy zony (Priazovie) i nekotorye cherty ikh genezisa* (Carbon isotope composition of coexisting graphites and carbonates from carbonatites of the Chernigov zone (Priazovye) and some features of their genesi). Doklady AS USSR, 1982, V. 262, No. 4, pp. 967—970.

3. Bazhenov A. G., Belogub E. V., Lennykh V. I., Rasskazova A. D. *Ufimskaya shirotnaya struktura Urala. Putevoditel ekskursiy (*Ufa latitudinal structure of the Urals. Travel Guide). Miass: IMin UB RAS, 1992, 89 p.

4. Valizer P. M., Cherednichenko S. V., Krasnobaev A. A. *Mineralogiya, geokhimiya i vozrast metakarbonatno-silikatnykh porod Ilmenogorskogo kompleksa* (Mineralogy, geochemistry, and age of metacarbonate-silicate rocks of the Ilmenogorsky complex). Litosfera, 2019, No. 1, pp. 93—110.

5. Vladykin N. V. *Izotopnaya sistematika i glubinnye istochniki shchelochnikh-karbonatitovykh kompleksov Sibiri i Mongolii* (Isotope systematics and deep sources of alkaline-carbonatite complexes in Siberia and Mongolia). Alkaline magmatism of the Earth and its ore content, Kiev, 2007, pp. 43—45.

6. Divaev F. K. *Chagatayskiy kompleks karbonatitov — novyi tip magmaticheskikh porod Uzbekistana* (Chagatai complex of carbonatites — a new type of igneous rocks in Uzbekistan). Uzbek geol. zhurnal, 1996. No. 6, pp. 32—41.

7. Ivanov K. S. *O prirode karbonatitov Urala* (About of the nature of carbonatites of the Urals). Litosfera, 2011, No. 1, pp. 20—33.

8. Ivanov K. S., Erokhin Yu. V., Pogromskaya O. E. *Izotopiya ugleroda i kisloroda v karbonatitakh i mramorakh Urala* (Isotopy of carbon and oxygen in carbonatites and marbles of the Urals). Proceedings of conference, V. 1, Yekaterinburg, UB RAS, 2010, pp. 271—272.

9. Ivanov O. K. *O printsipakh sistematiki karbonatitov i endogennykh karbonatnykh porod* (About of the principles of systematics of carbonatites and endogenetic carbonate rocks). Ural. geol. zhurnal, 2010, No. 1, pp. 77—81.

10. Kapustin Yu. L. *Mineralogiya karbonatitov* (Mineralogy of carbonatites). Moscow: Nauka, 1971, 288 p.

11. Kisin A. Yu. *Mestorozhdeniya rubina v mramorakh [na primere Urala)* (Ruby deposits in marbles (by example of Urals)). Sverdlovsk: UB AS USSR, 1991, 130 p.

12. Kisin A. Yu., Murzin V. V., Pritchin M. E. *Zoloto v mramorakh Svetlinskogo karera (Yuzhnyi Ural)* (Gold in the marbles of the Svetlinsky quarry (South Urals)). Ezhegodnik-2016, Ekaterinburg: IGG UrO RAN, 2017, pp. 223—226.

13. Kogarko L. N., Ryabchikov I. D., Divaev F. K., Vol F. *Rezhym soedineniy ugleroda almazonosnykh karbonatitov Uzbekistana* (The mode of carbon compounds of diamondiferous carbonatites of Uzbekistan), Geokhimiya, 2010, V. 11, pp. 1123—1131.

14. Kolisnichenko S. V., Popov V. A. *"Russkaya Braziliya" na Yuzhnom Urale. Mineraly dolin rek Sanarki, Kamenki i Kabanki: Enziklopediya uralskogo kamnya* ("Russian Brazil" in the South Urals. Minerals of the valleys of Sanarka, Kamenka and Kabanka rivers. Encyclopaedia of Urals stone). Chelyabinsk: Sanarka Publ., 2008, 528 p.

15. Koptev-Dvornikov V. S., Kuznetsov E. A. *Borzovskoe mestorozhdenie korunda. Petrologicheskoe issledovanie.* (Borzovskoe corundum deposit. Petrological research). Moscow: Gosgeoltekhizdat, 1931, 318 p.

16. Korinevsky V. G.. *Vaesit (NiS_2) — pervaya nakhodka v karbonatitakh* (Vaesite (NiS_2) — the first find in carbonatites). Vestnik IG Komi SC UB RAS, 2019, No. 5, pp. 13—19.

17. Korinevsky V. G., Korinevsky E. V. *Novyi tip karbonatitov na Urale* (New type of carbonatites in the Urals). Litosfera, 2013, No. 3, pp. 43—57.

18. Korinevsky V. G., Korinevsky E. V. *Rezultaty geologo-petrograficheskikh issledovaniy Ilmenogorskogo kompleksa za poclednie 20 let (1998—2018 g.g.)* (Results of the 1998—2018 geological-petrographic studies of the Ilmenogorsky complex, South Urals), Mineralogiya, 2020, No. 2, pp. 67—99.

19. Korinevsky V. G., Korinevsky E. V., Kotlyarov V. A. *Redkometallnaya mineralizatsiya v neobychnykh skapolitivykh porodakh Ilmenskikh gor* (Rare metal mineralization in unusual scapolite rocks of the Ilmeny Mountains [South Urals]), Zapiski RMO, 2018, No. 4, pp. 52—68.

20. Korinevsky E. V. PetroExplorer — a system for creating geochemical information and analytical arrays in the process of case studies. Geoinformatika, 2015, No. 4, pp. 48—53.

21. Krasnobaev A. A., Valizer P. M., Busharina S. V., Medvedeva E. V. *Zirkonologiya miaskitov Ilmenskikh gor (Yuzhnyi Ural)* (Zirconology of miaskites of the Ilmeny Mountains [South Urals]). Geokhimiya, 2016, No. 9, pp. 797—813.

22. Levin V. Ya., Ronenson B. M., Samkov V. S., Levina I. A., Sergeev N. S., Kiselev A. P. *Shchelochno-karbonatitivye kompleksy Urala* (Alkaline-carbonatite complexes of the Urals), Ekaterinburg: Uralgeolkom, 1997, 274 p.

23. Nedosekova I. L. *Vozrast i istochniki veshchestva Ilmeno-Vishnevogorskogo shchelochnogo kompleksa [Ural, Rossiya): geokhimicheskie i izotopnye Rb-Sr, Sm-Nd, Lu-Hf dannye* (Age and substance sources of the Ilmeno-Vishnevogorsky alkaline complex (Ural, Russia): geochemical and isotopic Rb-Sr, Sm-Nd, Lu-Hf data). Litosfera, 2012, No. 5, pp. 77—95.

24. Nedosekova I. L., Pribavkin S. V. *Karbonatity Ilmeno-Vishnevogorskogo kompleksa: geologiya, veshchestvennyi sostav, vozrast, geokhimiya, istochniki veshchestva* (Carbonatites of the Ilmeno-Vishnevogorsky complex: geology, material composition, age, geochemistry, sources of matter). Geochemistry, petrology, mineralogy and genesis of alkaline rocks. Materials of the All-Russian meeting. Miass: IMin UB RAS, 2006, pp. 167—173.

25. Petrov V. P. *Magma i genesis magmaticheskikh gornykh porod* (Magma and the genesis of igneous rocks). Moscow: Nedra, 1972, 134 p.

26. Popov V. A. *K interpretatsii genezisa tel karbonatnykh porod na yugo-zapadnom poberezhe ozera* Baikal (To reinterpretation of the genesis of bodies of carbonate rocks on the southwestern coast of Lake Baikal). Ural. mineralog. sb. No 9. Miass: IMin UB RAS, 1999, pp. 102—108.

27. Popov V. A., Makagonov E. P., Nikandrov S. N. *O novykh proyavleniyakh karbonatitov na Urale* (On new manifestations of carbonatites in the Urals). Ural. mineralog. sb. No 8. Miass: IMin UB RAS, Miass, 1998, pp. 240—248.

28. Popov V. A., Kolisnichenko S. V. *K mineralogii karbonatitov Russkoy Brazilii na Yuzhnom Urale* (To the mineralogy of carbonatites of Russian Brazil in the Southern Urals). Ural. mineralog. sb No 15. Miass: IMin UB RAS, 2008, pp. 75—84.

29. Proskurnin V. F., Petrov O. V., Gavrish A. V. , Paderin P. G., Mozoleva I. N., Petrushkov B. S., Bagaeva A. A. *Rannemezozoyskiy poyas karbonatitov poluostrova Taimyr* (Early-Mezozoic belt of carbonatites of the Taimyr peninsula). Litosfera, 2010, No. 3, pp. 95—102.

30. Rasskazova A. D., Lennykh V. I., Valizer N. I. *Kaltsifiry i mramory nizhnikh tolshch Ilmeno-Vishnevogorskogo kompleksa* (Calciphires and marbles of low suites of the Ilmeno-Vishnevogorsky complex). Ezhegodnik-2016, Sverdlovsk: IGG USC AS USSR, 1986, pp. 68—71.

31. Sklyarov E. V., Fedorovsky V. S., Kotov A. B., Lavrenchuk A. V., Mazukabzov A. M., Starikova A. E. *Karbonality — produkty plavleniya metaosadochnykh porod v kollizionnykh obstanovkakh* (Carbonalites — products of melting of the metasedimentary rocks in collision situations, character of manifestation and tectonic consequences). Tektonika i geodinamika skladchatykh poyasov i platform fanerozoya. Materialy XLIII Tektonicheskogo soveshchaniya, V. 2. Moscow: GEOS, 2010, pp. 261—265.

32. Stepanov S. Yu., Lepekhin E. N., Palamarchuk R.S., Sharpenok L. N. *Vozrast i izotopnye kharakteristiki mineralizovannykh karbonatnykh porod, sopryazhennykh s magmatitami Kusinsko-Kopanskogo gabbrovogo intruziva, Yuzhnyi Ural* (Age and isotopic characteristics of mineralized carbonate rocks associated with magmatites of the Kusinsko-Kopanskogo gabbro intrusion, South Urals). Metallogeny of Ancient and Modern Oceans — 2019. Miass — Yekaterinburg: Fort-Dialog-Iset, 2019, pp. 266—269.

33. Fershtater G.B. Empirical plagioclase — hornblende barometer. Geokhimiya, 1990, No. 3, pp. 328—342.

34. Frikh-Khar D. I., Ashikhmina N. A., Muravitskaya G.. N., Sevostyanov M. A. *Ob aktsessornykh minerakakh effuzivnykh karbonatitov ostrovov Zelenogo Mysa* (On accessory minerals of effusive carbonatites and phonolites of the Capo Verde Islands). Doklady AS USSR, 1988, V. 303, No. 6, pp. 1455—1459.

35. Frolov A. A., Tolstov A. V., Belov S. V. *Karbonatitovye mestorozhdeniya Rossii* (Carbonatite deposits of Russia). Moscow: NIA Priroda, 2003, 494 p.

36. Cherednichenko S. V., Kotlyarov V. A. *Mineralogo-geokhimicheskaya kharakteristika karbonatitov Ilmenogorskogo miaskitovogo massiva* (Mineralogical and gochemical characteristics of carbonatites of the Ilmenogorsky miaskite massif (South Urals)). Zapiski RMO, 2014, V. 143, No. 3, pp. 105—114.

37. Shafranovsky G.I. (1982) *Kristallomorfologiya grafita iz Ilmenskikh gor* (Crystallomorphology of graphite from the Ilmeny Mountains). *Mineralogicheskie issledovaniya endogennykh mestorozhdeniy Urala* (*Mineralogical investigations of endogenetic deposits of the Urals.* Sverdlovsk). USC AS USSR, 1982, 44—53.

38. Shumilova T. G. *Nakhodka almazov i grafitopodobnogo veshchestva v karbonatitakh o. Fuerteventura, Ispaniya* (Finding of diamonds and graphite-like substance in carbonatites Fuerteventura Island, Spain). Vestnik IG Komi SC UB RAS, 2005, No. 10, pp. 17—18.

39. Shumilova T. G., Kovalchuk N. S., Mingalev A. N., Divaev F. K. *Izotopnyi sostav ugleroda i kisloroda karbonatov karbonatitov Kosyuskogo massiva (Srednyi Timan)* (Isotopic composition of carbon and oxygen carbonates of carbonatites of the Kosyu massif (Middle Timan)). Vestnik IG Komi SC UB RAS, 2012, No. 4, pp. 9—13.

40. Anovitz L. M., Essene E. J. Phase equilibria in the system $CaCO_3$-$MgCO_3$-$FeCO_3$. Journal of Petrology, 1987, V. 28, pp. 389—414.

41. Ashchepkov I. V., Pokhilenko N. P., Vladykin N. V., Rotman A. Y., Afanasiev V. P., Logvinova A. M., Kostrovitsky S. I., Pokhilenko L. N., Karpenko M. A., Kuligin S. S., Malygina E. V., Stegnitsky Y. B., Alymova N. A., Khmelnikova O. S. Reconstruction of mantle sections beneath Yakutian kimberlite pipes using monomineral thermobarometry. In: Coltorty M. & Goire G.M. (eds.) Metasomatism in Oceanic and Continental Lithospheric Mantle, Geological Society, London, Special Publications, 2008, V .293, pp. 335—352.

42. Djuraev A. D., Divaev F.K. Melanocratic carbonatites — new type of diamond-bearing rocks, Uzbekistan. Mineral Deposits: Processesto Processing. Stanley et al. (eds.), Balkema, Rotterdam, 1999, V.1, pp. 639—642.

43. Dunn S. R., Valley J. W. Calcite-graphite isotope thermometry: a test for polymetamorphism in marble, Tudor gabbro aureole, Ontario, Canada. Journal of Metamorphic Geology, 1992, V. 10, pp. 487—501.

44. Ellis D. J., Green D. H. An Experimental study of the effect of Ca upon garnet-clinopyroxene Fe-Mg exchange equilibria. Contrib. Mineral. Petrol., 1979, V. 71, pp.13—22.

45. Hammarstrцm J. M., Zen E-An. Aluminium in hornblende: an empirical igneous geobarometer. Amer. Miner., 1986, V. 71, No. 11/12, pp. 1297—1313.

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

47. Horstmann U. E., Verwoerd W. J. Carbon and oxygen isotope variations in southern African carbonatites. Journal of African Earth Sciences, 1997, V. 25, No. 1, pp. 115—136.

48. Kitchen N. E., Valley J. W. Carbon isotope thermometry in marbles of the Adirondack Mountains, New York Journal of Metamorphic Geology, 1995, V. 13, pp. 577—594.

49. Kerrich R. W. Geochemical evidence on the source of fluids and solutions for shear zone hosted mesothermal Au deposits. Mineralization in Shear Zones. J. T. Bursnal (Ed.). Geological Association of Canada. Short Course Notes, 1989, No. 6, pp. 129—197.

50. Kueter N., Lilley M. D., Schmidt M. W., Bernasconi S. M. Experimental carbonatite/graphite carbon isotope fractionation and carbonate/graphite geothermometry. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2019, V. 253, pp. 290—306.

51. Perchuk L. L. Derivation of termodynamically consistent system of geothermometers and geobabarometers for metamorphic and magmatic rocks. Progress in metamorphic and magmatic petrology. L. L. Perchuk (Ed.). Cambridge University Press, 1990, pp. 93—112.

52. Perchuk L. L., Lavrent'eva I. V. Some equilibria involving garnet, orthopyroxene and amphibole as geothermometers and geobarometers for metamorphic rocks. Experiment-89, Informative volume, Moscow, Nauka, 1990, pp. 44—45.

53. Peretyazhko I.S., Savina E.A., Khromova E.A. Minerals of the rhцnite-kuratite series in paralavas from a new combustion metamorphic complex of Choir-Nyalga Basin (Central Mongolia): chemistry, mineral assemblages, and formation conditions. Mineralogical Magazine, 2017, V. 81, pp. 949—974.

54. Plyusnina L. P. Experimental study on metabasite equilibria, geothermometry. Experiment in the solution of topical problems in geology. Moscow, Nauka, 1986, pp. 174—183.

55. Powell R. Regression diagnostics and robust regression in geothermometer/geobarometer calibration: the garnet-clinopyroxene geothermometer revised. J. Metamorphic Geol., 1985, V. 3, No. 3, pp. 231—243.

56. Ray J. S., Ramesh R. Stable carbon and oxygen isotopic composition of Indian carbonatites. International Geology Review, 2006, V. 48, No. 1, pp. 17—45.

57. Schmidt M. W. Experimental calibration of the Al-in-hornblende geobarometer at 650 °C, 3.5—13.0 kbar. Terra abstracts, 1991, V. 3, No. 1, p. 30.

58. Srivastava R., Taylor L. A. Carbon- and oxygen-isotope variations in Indian carbonatites. International Geology Review, 1996, No. 5, pp. 419—429.

59. Valley J. W., ONeil J. R. $^{13}C/^{12}C$ exchange between calcite and graphite: a possible thermometer in Grenville marbles. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1981, V. 45. pp. 411—419.

Поступила в редакцию / Received 22.09.20

УДК 550.42

DOI: 10.19110/geov.2020.11.2

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД РУДОНОСНОГО МАССИВА МАЛЮТКА (ХУДОЛАЗОВСКИЙ КОМПЛЕКС, ЮЖНЫЙ УРАЛ): СВИДЕТЕЛЬСТВА ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ СИДЕРОФИЛЬНЫХ И ХАЛЬКОФИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

И. Р. Рахимов

Институт геологии УФИЦ РАН, Уфа

rigel92@mail.ru

Гидротермальные процессы играют большую роль в перераспределении рудных элементов, но на крупных объектах охарактеризовать их качественные и количественные параметры бывает сложно. Компактное однородное строение ультраосновного массива Малютка худолазовского дифференцированного комплекса даёт хорошую возможность охарактеризовать особенности гидротермального перераспределения в нём мобильных элементов.

Методами рентгенофлуоресцентного анализа (XRF) и масс-спектрометрического анализа с индуктивно связанной плазмой (ICP MS) изучены геохимические особенности безрудных и рудоносных, различно изменённых пород массива Малютка. Результаты показывают сильное истощение руд сидерофильными (Ni, Co) и халькофильными (S, Cu, As, Se, Cd, Bi, Pb и многими другими) элементами при гидротермальном воздействии, что согласуется с постмагматическим растворением и замещением сульфидных минералов не только вторичными сульфидами, но и силикатами. Выщелачивание привело к перераспределению этих элементов, в основном к рассеиванию, как внутри массива, так и за его пределами. Большинство литофильных макро- и микроэлементов не испытали существенного гидротермального перераспределения.

Ключевые слова: *худолазовский комплекс, массив Малютка, гидротермальный метасоматоз, геохимия, сидерофильные и халькофильные элементы.*

GEOCHEMICAL FEATURES OF MALYUTKA ORE-BEARING MASSIF ROCKS, KHUDOLAZ COMPLEX, SOUTH URALS: EVIDENCE OF HYDROTHERMAL REPRECIPITATION OF SIDEROPHILE AND CHALCOPHILE ELEMENTS

I. R. Rakhimov

Institute of geology UFRC RAS, Ufa

Hydrothermal processes play an important role in the reprecipitation of ore elements, but it is difficult to characterize their qualitative and quantitative parameters for large objects. The compact homogeneous internal structure of the ultramafic massif Malyutka of the Khudolaz differentiated complex provides a good opportunity to characterize the features of the hydrothermal reprecipitation of mobile elements in it.

The geochemical features of barren and ore-bearing variously altered rocks of the Malyutka massif have been studied using the methods of X-ray fluorescence (XRF) and mass spectrometry with inductively coupled plasma (ICP MS) analyzes. The results show a strong depletion of ores by siderophile (Ni, Co) and chalcophile (S, Cu, As, Se, Cd, Bi, Pb and many others) elements under hydrothermal influence, which is consistent with the postmagmatic dissolution and replacement of sulfide minerals not only by secondary sulfides, but also silicates. Leaching led to a reprecipitation of these elements, mainly to dispersion, both inside the intrusion and outside it. Most lithophile macro- and microelements have not reprecipitated significantly in hydrothermal conditions.

Keywords: *Khudolaz complex, Malyutka massif, hydrothermal metasomatism, geochemistry, siderophile and chalcophile elements.*

Введение

Худолазовский дифференцированный комплекс (U-Pb-изотопный возраст ~ 325 млн лет), локализованный в центральной части Южного Урала, характеризуется специфичным геологическим строением и геохимическими характеристиками [1]. Он объединяет более 50 мелких массивов, прорывающих среднепозднедевонские вулканогенно-осадочные толщи. Отдельные группы этих массивов соотносятся с определёнными горизонтами расслоенных серий [3]. Степень изученности у каждого интрузива разная, далеко не все из них были разбурены и опробованы. Между тем исследование каждого массива по отдельности даёт возможность создать бо-

Для цитирования: Рахимов И. Р. Геохимические особенности пород рудоносного массива Малютка (худолазовский комплекс, Южный Урал): свидетельства гидротермального перераспределения сидерофильных и халькофильных элементов // Вестник геонаук. 2020. 11(311). С. 20—29. DOI: 10.19110/geov.2020.11.2.

For citation: Rakhimov I. R. Geochemical features of Malyutka ore-bearing massif rocks, Khudolaz complex, South Urals: evidence of hydrothermal reprecipitation of siderophile and chalcophile elements. Vestnik of Geosciences. 2020. 11(311). P. 20—29. DOI: 10.19110/geov.2020.11.2.

лее достоверную модель формирования худолазовского комплекса, включая сульфидное оруденение.

Массив *Малютка* является одним из представителей группы ультраосновных тел худолазовского комплекса. Это небольшой рудоносный шток, локализованный в западном борту Худолазовской мульды (рис.1) [2, 5]. Массив является одним из наиболее изученных в минералогическом и петрологическом отношении интрузивов комплекса, однако для полноты его характеристики недоставало прецизионных геохимических данных. Особую значимость эти данные имеют в связи с представлением о происхождении интрузии из наименее дифференцированных порций магм, отделившихся от единого резервуара, а также благодаря выявлению в ней полигенной сульфидно-платинометалльной минерализации, связанной с наложением гидротермальных процессов [2, 5]. Большое значение этих процессов в перераспределении тех или иных элементов, являющихся индикаторными для петро- и рудогенетических реконструкций, общеизвестно [15]. Но в каждом конкретном объекте особенности перераспределения различаются, что связано со многими факторами: геологическим строением и литологией, составом и флюидонасыщенностью магм, физико-химическими параметрами гидротермальных флюидов и длительностью их воздействия и др. Особый интерес представляют закономерности перераспределения рудных элементов — сидерофильных и халькофильных, в числе которых минералообразующие элементы платинометалльных минералов.

В данной статье приводятся результаты детальных геохимических исследований пород массива Малютка в контексте магматогенного и гидротермального процессов минералообразования, в частности сульфидной минерализации. Обсуждаются особенности воздействия гидротермальных процессов на перераспределение индикаторных макро- и микроэлементов.

Методы исследований

Рентгенофлуоресцентным методом в порошковых пробах определялся макроэлементный химический состав пород (спектрометр VRA-30, Carl Zeiss в ИГ УФИЦ РАН). При анализе использовалась рентгеновская трубка с W-анодом (30—40 кВ, 40 мА). Установлены содержания некоторых микроэлементов (Zn, Ni, Co, Cu, Pb, Cr, V, Y, Sr, Rb, Zr, Ba), для большинства которых предел обнаружения составлял 0.001 мас. %. При построении калибровочных графиков использовались государственные стандартные образцы магматических пород и руд с

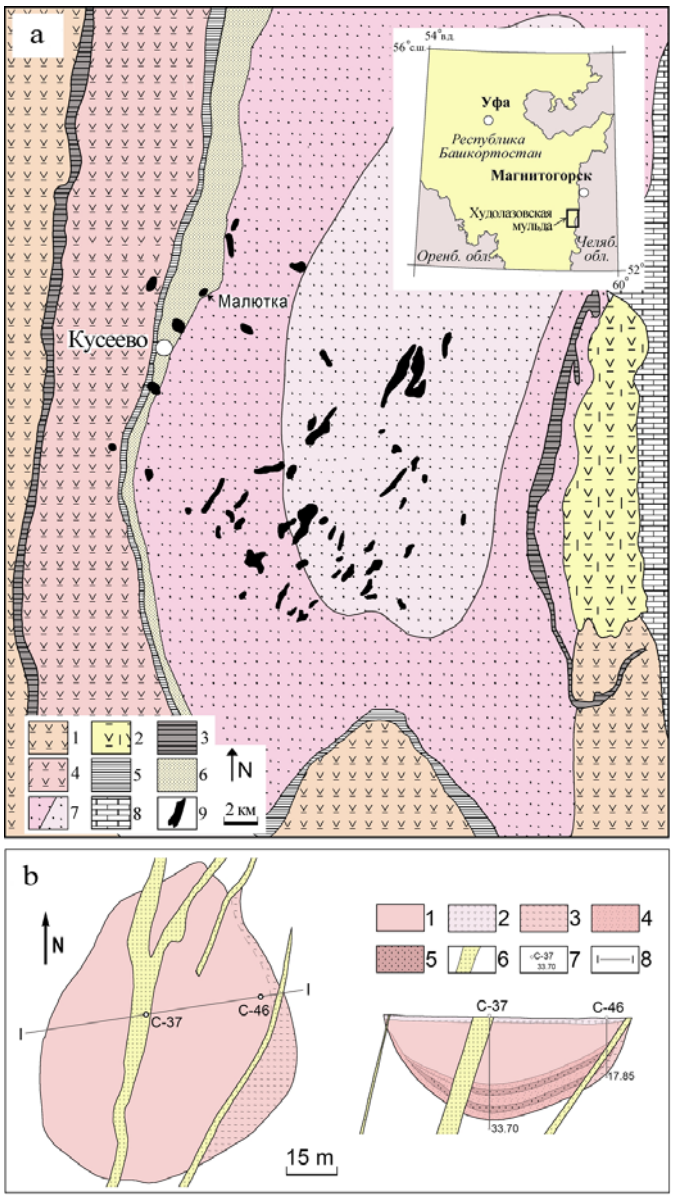


Рис. 1. Геологическая схема Худолазовской мульды (а) и план обнажения массива Малютка с геологическим разрезом (б) [5].
Условные обозначения:
а: 1 — вулканогенные толщи ирендыкской свиты (D_2ef_1), 2 — вулканогенные толщи карамалыташской свиты (D_2ef_2), 3 — кремнистые отложения ярлыкаповской свиты (D_2ef_2), 4 — вулканогенно-осадочные толщи улутауской свиты ($D_{2-3}zv$—f), 5 — кремнистые отложения мукасовской свиты (D_3f), 6 — биягодинский олистостромовый горизонт (D_3f—fm), 7 — флишоидные отложения нижней (D_3fm_{1-2}) и верхней подсвит зилаирской свиты (D_3fm_2—C_1t_1), 8 — вулканотерригенно-карбонатные отложения берёзовской свиты (C_1t—v), 9 — интрузии худолазовского комплекса (C_1v—s);
б: 1 — характерные породы массива, 2 — кора выветривания, 3 — зона рассланцевания, 4 — убогие руды (Ni < 0.3%), 5 — рядовые руды (Ni 0.3—1%), 6 — дайки спессартитов, 7 — наименование и глубина скважин, 8 — линия разреза

Fig. 1. Geological map of Khudolaz trough (a) and outcrop plan of Malyutka massif with geological section (b) after [5].
Legend:
a: 1 — volcanogenic rocks of Irendyk suite (D_2ef_1), 2 — volcanogenic rocks of Karamalytash suite (D_2ef_2), 3 — siliceous sediments of Yarlykapovo suite (D_2ef_2), 4 — volcanogenic-sedimentary deposits of Ulutau suite ($D_{2-3}zv$—f), 5 — siliceous sediments of Mukasovo suite (D_3f), 6 — Biyagoda olistostrome horizon (D_3f—fm), 7 — flishoid sediments of Lower (D3fm1—2) and Upper (D_3fm_2—C_1t_1) sub-suites of Zilair suite, 8 — volcanoterrigenous-carbonate sediments of Beryozovka suite (C_1t—v), 9 — intrusions of Khudolaz complex;
b: 1 — typical rocks of massif, 2 — weathering crust, 3 — shredding zone, 4 — poor ores (Ni < 0.3%), 5 — ordinary ores (Ni 0.3—1%), 6 — spessartite dykes, 7 — names and deepness of holes, 8 — cross-section line

аттестованными содержаниями элементов.

Анализ выполнялся на квадрупольном масс-спектрометре ELAN 9000 Perkin Elmer в ЦКП «Геоаналитик» Института геологии и геохимии УрО РАН (Екатеринбург). Разложение образцов пород в зависимости от их состава проводили путём кислотного вскрытия как в открытой, так и в закрытой системах. Для измерений использовали аргон чистоты 99.998 %. Перед началом работы осуществляли оптимизацию операционных параметров оборудования для достижения максимальной чувствительности ионов M^+ и минимизации сигналов от M^{2+}, MO^+ и фона в области m/z = 220. Типичные операционные условия масс-спектрометра ELAN 9000 при мультиэлементном анализе проб следующие: мощность радиочастотного генератора — 1300 Вт, материал конусов интерфейса — платина или никель. Для построения градуировочных зависимостей применяли мультиэлементные стандартные растворы.

Определения платиноидов (Pt, Pd, Rh, Ru, Ir) и Au были выполнены нанотехнологическим способом определения содержания редких и рассеянных химических элементов в горных породах (ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург). Методика определения заключается в том, что химическому анализу подвергают коллоидно-солевой раствор, приготовленный из пробы исследуемых объектов горных пород и деионизированной воды, взятых в соотношении 1:10. Методом ICP MS в коллоидно-солевом растворе, содержащем частицы фракции исследуемой пробы с размерами 1—1000 нм, определяется наличие и количественное содержание редких и рассеянных элементов. Величина пределов обнаружения составляет (мкг/л): 0.01 (Au), 0.02 (Pt), 0.03 (Pd), 0.005 (Ag), 0.005 (Rh), 0.02 (Ru), 0.006 (Ir).

Краткая геологическая и минералого-петрографическая характеристика

Массив Малютка с видимыми размерами в плане 100×90 м имеет мощность не менее 33.7 м. Предполагается, что мощность интрузива возрастает в юго-восточном направлении. В качестве вмещающих пород отмечаются либо песчаники зилаирской свиты, либо туфопесчаники биягодинской свиты [2]. Неоднозначная трактовка их генетической и стратиграфической принадлежности обусловлена слабой литологической изученностью данного района.

Массив обладает относительно однородным строением и сложен мелкозернистыми плагиошрисгеймитами — плагиоклаз-роговообманковыми перидотитами. В эндоконтактовой зоне в виде узкой полосы установлены мало- и безоливиновые габбро. На границе с ними вмещающие породы слабороговикованы. В восточной части разреза интрузива отмечаются зоны рассланцевания. Массив прорван несколькими дайками долеритов улугуртауского комплекса [1]. Сульфидные руды вкрапленного и прожилково-вкрапленного типа образуют не менее двух линзовидных тел в донной части интрузива мощностью 0.8 и 1.75 м.

Главные первичные минералы массива — оливин (до 40 об. %, $Fo_{85–77}$), роговая обманка (до 35 об. %, обычно титанистый магнезиогастингсит (Mg/(Mg + Fe^{2+})) = = 0.72 —0.84)), клинопироксен (~15 об. %, $Wo_{43–26}$) и плагиоклаз (~10 об. %, $An_{63–61}$). Кроме того, в значимом количестве присутствует флогопит (до 5 %). Среди рудных минералов наиболее распространены сульфиды, образующие глобулярные или интерстициальные срастания трёх главных минералов — пирротина, халькопирита и пентландита. Сульфидные срастания образуют залежи вкрапленных руд в нижней части интрузии. Однако породы в той или иной степени преобразованы гидротермально-метасоматическими процессами с развитием серпентина и талька по оливину, альбита, хлорита и глинистых минералов по плагиоклазу, хлорита и эпидота по пироксену, амфибола актинолит-тремолитового ряда по роговой обманке, пирита по пирротину и т. д. [2]. Для удобства интерпретации образцы пород были условно разделены на две группы (рис. 2, a, b): слабоизменённые (< 30 об. % вторичных минералов) и сильноизменённые (> 30, часто > 50 об. % вторичных минералов). Аналогично сопоставлялись и образцы руд, взятые из одних и тех же рудных тел, но имеющих разную степень вторичных изменений (рис. 2, c, d). Особенности гидротермального преобразования сульфидов в массиве Малютка подробно описаны в работе [5]. В приконтактовых габброидах и вмещающих туфопесчаниках наблюдается редкая наложенная сульфидная вкрапленность (рис. 2, e—h).

Результаты исследований

Макроэлементы

Основные породы массива — плагиоклазовые шрисгеймиты — являются высокомагнезиальными (MgO 18.6—25.8 мас. %), низко и умеренно глинозёмистыми (Al_2O_3 5.1—13.7 %), умеренно титанистыми (TiO_2 0.5—1.0 %), умеренно и высокожелезистыми (FeO_t 11—18 %) породами. Они характеризуются сильно варьирующими содержаниями кальция (CaO 3.4—8.2 %), калия (K_2O 0.1—0.9 %) и серы (0.05—1.8 %). Содержание серы отчётливо коррелирует с содержанием железа (коэффициент корреляции Пирсона r = 0.78) и контролируется количеством сульфидных вкраплений. Безрудные породы (< 0.5 мас. % сульфидов), в основном залегающие в верхней части массива, обеднены серой, а также железом, магнием и калием в сравнении с рудоносными (> 1 мас. % сульфидов). Высокие концентрации первичных сульфидов приурочены к богатым оливином (и, соответственно, магнием) разностям пород в нижней части интрузии, в которых также развито и основное количество флогопита — главного носителя калия. Более богатые плагиоклазом шрисгеймиты верхней части интрузии характеризуются повышенными содержаниями Al_2O_3, CaO и Na_2O относительно обеднённых плагиоклазом, но богатых оливином разностей.

Приконтактовые габбро отличаются от шрисгеймитов повышенными содержаниями TiO_2 (1.4 %) и Al_2O_3 (14.2—16.5 %), умеренно пониженной магнезиальностью (MgO 8.6—11.3 %) при нормальной щёлочности натриевого типа (Na_2O/K_2O > 4). Химический состав пород представлен в табл. 1.

При сравнении петрохимических характеристик слабо- и сильноизменённых шрисгеймитов — главных пород массива Малютка — существенных различий не наблюдается. В обеих группах пород содержатся сходные количества даже таких элементов, как Fe, Ca и K, часто характеризующихся относительно высокой мобильностью при вторичных процессах. Различие, причём существенное, отмечается только в концентрациях S: в среднем 0.8 мас. % в слабоизменённых и 0.2 мас. % в сильноизменённых шрисгеймитах.

Рудные элементы. Сидерофильные и халькофильные микроэлементы

Наиболее экономически значимыми рудными элементами массива Малютка в настоящее время являются *медь* и *никель*, в меньшей мере это относится к *кобальту*. Концентрации Cu, Ni и Co во всех породах отчётливо коррелируют с содержанием S: r^{Cu}=0.99, r^{Ni}=0.96, r^{Co}=0.88. Рудоносные шрисгеймиты (вкрапленные сульфидные руды) содержат до 1.4 % Cu (рядовые руды по содержанию меди) и до 0.26 % Ni (бедные руды по содержанию никеля). Концентрации Co достигают 0.02 %. Неравномерная гидротермально-метасоматическая переработка значительным образом отразилась на содержаниях рудных элементов. В образцах слабоизменённых рудных шрисгеймитов средняя концентрация Cu составляет 0.8 мас. %, Ni — 0.2 мас. %, Co — 0.016 мас. %. Образцы сильноизменённых рудных шрисгеймитов из тех же рудных тел содержат в среднем 0.2 % Cu, 0.1 % Ni и 0.012 % Co. Однако в безрудных шрисгеймитах (очень редкая и мелкая сульфидная вкрапленность), слабо- и сильноизменённых, уровень их концентраций абсолютно идентичный — по ~0.004 % Cu, ~0.03 % Ni и ~0.006 % Co. В метасоматизированных эндоконтактовых габбро и ороговикованных вмещающих экзоконтактовых туфопесчаниках, первично безрудных, содержания рудных элементов также близки и составляют соответственно: Cu — 0.004—0.006 и 0.004—0.007 мас. %, Ni — 0.006—0.007 и 0.013—0.014 мас. %, Co — 0.002—0.004 и 0.002—0.003 мас. %. В этих породах наблюдаются новообразованные сульфидные агрегаты, в основном представленные пиритом. Все перечисленные закономерности концентрирования рудных элементов отражены на спайдер-диаграмме (рис. 3).

С сульфидными рудами массива Малютка ассоциирует платинометалльная минерализация, в связи с чем они представляют потенциальный интерес в отношении элементов платиновой группы (ЭПГ). Определения концентраций ЭПГ выполнены в 4 образцах: 3 — в породах массива Малютка, 1 — во вмещающей породе (табл. 2). Наибольшие концентрации Pd и Pt, а также Rh и Au выявлены в образце слабоизменённых руд, также повышенные концентрации Pd и Pt характерны для изменённого эндоконтактового габбро, первично не содержавшего

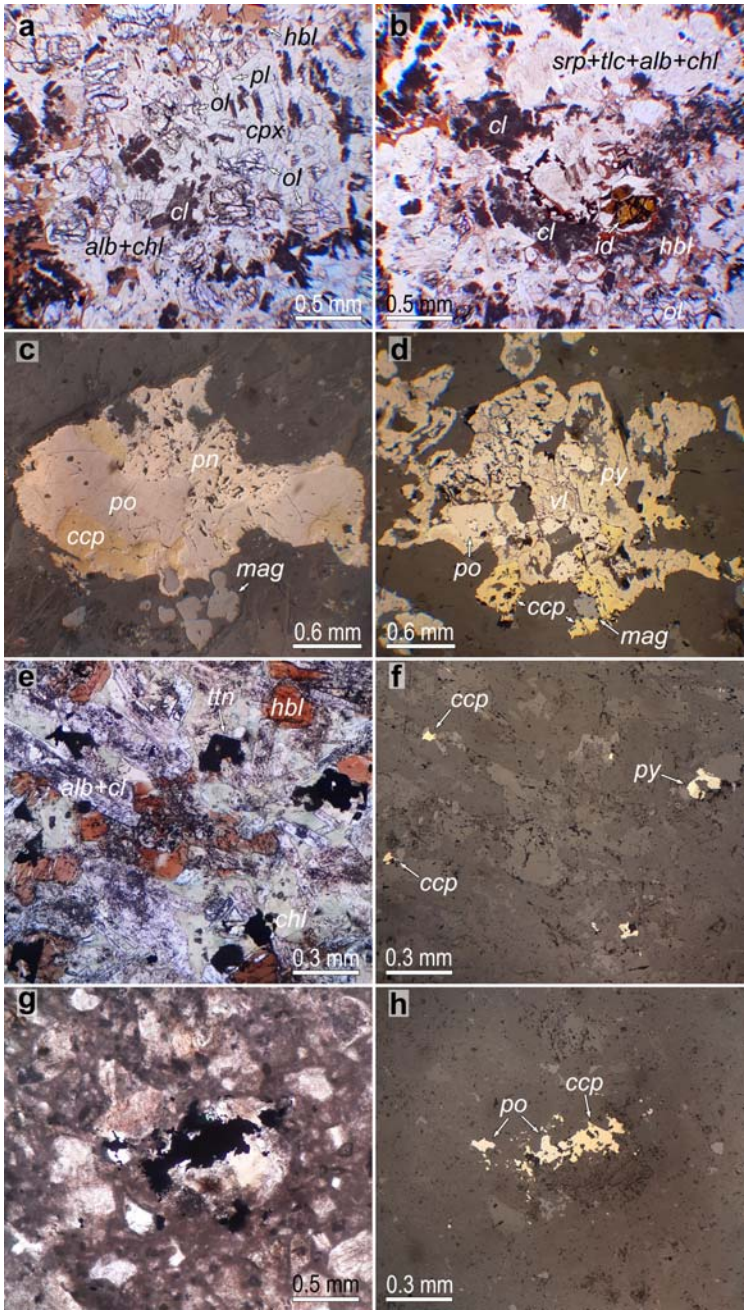


Рис. 2. Микрофотографии пород массива Малютка (a—f) и вмещающих туфопесчаников (g, h): a — слабоизменённые и b — сильноизменённые плагиошрисгеймиты (проходящий свет); c — слабоизменённые и d — сильноизменённые вкрапленные сульфиды (отражённый свет); e, f — эндоконтактовое габбро с вкраплениями сульфидов (проходящий/отражённый свет); g, h — туфопесчаник с вкраплениями сульфидов (проходящий/отражённый свет). Обозначения минералов: alb — альбит, ccp — халькопирит, chl — хлорит, cl — глинистая масса, cpx — клинопироксен, hbl — роговая обманка, id — иддингсит, mag — магнетит, ol — оливин, pl — плагиоклаз, pn — пентландит, po — пирротин, srp — серпентин, tlc — тальк, ttn — титанит, vl — виоларит

Fig. 2. Photomicrographs of Malyutka massif (a—f) and host rocks (g, h): a — low altered and b — high altered plagioschriesheimites (transmitted light); c — low altered and d — high altered disseminated sulfides (reflected light); e, f — endocontact gabbro with sulfide impregnation (transmitted/reflected light); g, h — tuffstone with sulfide impregnation (transmitted/reflected light). Mineral abbreviations: alb — albite, ccp — chalcopyrite, chl — chlorite, cl — clay matter, cpx — clinopyroxene, hbl — hornblende, id — iddingsite, mag — magnetite, ol — olivine, pl — plagioclase, pn — pentlandite, po — pyrrhotite, srp — serpentine, tlc — talc, ttn — titanite, vl — violarite

Таблица 1. **Химический состав представительных образцов из массива Малютка и вмещающих пород (оксиды и сера в мас. %, элементы в г/т)**

Table 1. **Chemical composition of representative samples from Malyutka massif and host rocks (oxides and sulfur in wt. %, elements in ppm)**

Элемент Element	№ образца и № п/п / Sample number and order number									
	K_{18}-90	K_{18}-111	3466+3467	3470	3479	3482	3484	3485	3492	3494
	1**	2*	3**	4**	5**	6*	7*	8*	9**	10
SiO_2	41.00	43.81	38.97	39.49	41.68	38.95	39.95	38.06	46.27	59.29
TiO_2	0.49	0.63	0.75	0.86	1.00	0.85	0.95	0.78	1.37	0.78
Al_2O_3	13.65	10.76	6.50	6.16	6.48	5.96	5.72	5.08	16.03	13.38
FeO_t	10.95	11.45	16.19	14.85	15.86	14.79	17.50	18.31	10.61	10.98
MnO	0.14	0.16	0.22	0.22	0.21	0.22	0.21	0.23	0.16	0.19
MgO	19.78	18.60	22.79	24.46	19.00	25.76	21.80	24.00	9.55	7.15
CaO	8.19	7.83	3.93	3.98	4.00	3.90	3.78	3.42	8.59	3.22
Na_2O	1.00	1.35	0.45	0.45	0.60	0.40	0.40	0.45	3.75	2.00
K_2O	0.14	0.19	0.86	0.94	0.41	0.94	0.29	0.22	0.04	0.040
P_2O_5	0.18	0.15	0.23	0.20	0.20	0.20	0.21	0.26	0.27	0.143
S	0.05	0.05	0.35	0.14	0.38	0.16	1.19	1.78	0.10	0.023
LOI	3.43	4.12	7.83	7.32	9.37	7.20	6.78	6.44	2.42	2.99
Sum	99.01	99.10	99.06	99.07	99.19	99.33	98.78	99.02	99.16	100.19
Sc	10	11	11	11			13	8	27	26
V	60	70	70	70	106	94	90	70	220	200
Cr	370	370	900	700	776	1052	800	700	50	220
Co	58	68	116	115	122	119	135	180	23	26
Ni	367	450	1514	785	1119	880	1904	2589	67	142
Cu	33	24	1784	238	3353	338	8365	14313	37	37
Zn	40	40	50	50	62	82	60	60	60	70
Ga	8	8	5	6			9	5	21	18
Ge	0.5	0.7	0.5	0.7			0.7	0.6	1.1	1
As	0.34	0.36	0.3	0.38			1.6	0.37	0.45	7.2
Se	0.29	0.42	0.75	0.28			2	3.9	0.35	0.2
Rb	5	9	22	28	20	22	10	5	1.8	1.7
Sr	260	270	280	180	201	240	200	160	600	180
Y	7	10	8	7			9	8	20	16
Zr	30	40.4	49	46	85	73	63	63	100	62
Nb	0.7	1	1.4	1.3			1.3	1.2	2.4	3.7
Mo	0.2	0.31	0.23	0.23			0.2	0.32	0.4	0.2
Ag	0.04	4.9	45	0.131			0.61	1	0.097	0.074
Cd	0.05	0.09	0.16	0.13			0.4	0.5	0.09	0.08
Sn	0.33	0.43	0.47	0.5			0.8	1.1	0.8	0.48
Sb	0.04	0.04	0.07	0.04			0.06	0.04	0.56	0.12
Te	<	0.08	0.08	0.02			0.24	0.45	<	0.13
Cs	2.9	2.7	6	5.4			1	1	0.22	0.13
Ba	21	25	70	60	<100	<100	30	30	80	30
La	1.6	2	3	3.1			2.7	3.1	6	10
Ce	4.5	6	8	4.3			7	8	15	20
Pr	0.7	0.9	1.1	1.1			1.1	1.2	2.1	2.5
Nd	3.5	4.3	5	5			5	6	10	11
Sm	1	1.2	1.2	1.3			1.3	1.4	2.6	2.5
Eu	0.42	0.49	0.42	0.46			0.48	0.47	1	0.8
Gd	1.2	1.5	1.4	1.5			1.5	1.5	3.1	2.6
Tb	0.18	0.23	0.2	0.22			0.24	0.22	0.5	0.4
Dy	1.2	1.5	1.3	1.4			1.5	1.4	3.2	2.5
Ho	0.25	0.3	0.26	0.3			0.31	0.28	0.7	0.5
Er	0.7	0.9	0.8	0.8			0.9	0.8	1.9	1.5
Tm	0.1	0.12	0.1	0.12			0.12	0.12	0.27	0.22
Yb	0.6	0.8	0.7	0.7			0.8	0.7	1.7	1.5
Lu	0.09	0.11	0.1	0.11			0.12	0.11	0.26	0.23
Hf	0.6	0.8	0.9	1			1.2	1.1	2.2	1.6
Ta	0.042	0.045	0.09	<			<	0.09	0.5	<
Pb	0.8	0.7	2.2	2.8			10	11	1.4	5
Bi	0.0044	0.0082	0.072	0.03			0.38	0.42	0.0076	0.0138
Th	0.12	0.12	0.26	0.3			0.3	0.24	0.9	3
U	0.042	0.043	0.09	0.09			0.1	0.071	0.27	1

Примечание: 1, 2 — безрудные шрисгеймиты из верхней части разреза, 3—8 — рудоносные шрисгеймиты с глубинной части разреза, 9 — приконтактовое габбро, 10 — вмещающий приконтактовый туфопесчаник; 3—10 — образцы из керна; < — ниже предела обнаружения; * — слабоизменённые образцы, ** — сильноизменённые образцы.

Note: 1, 2 — barren schriesheimites from upper part of cross-section, 3—8 — ore-bearing schriesheimites from deep part of cross-section, 9 — near-contact gabbro, 10 — host near-contact tuffstone; 3—10 — core samples; < — below limit of detection; * — low altered samples, ** — high altered samples.

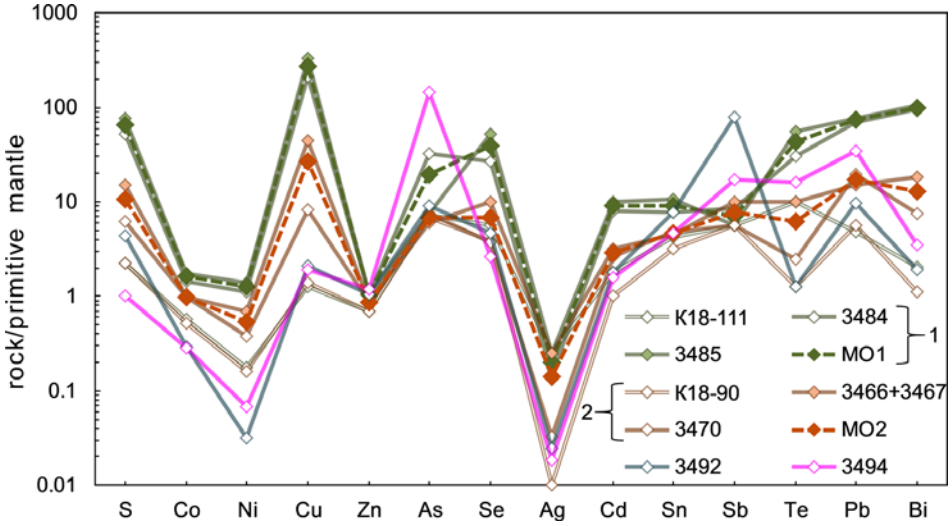


Рис. 3. Нормированная мультиэлементная диаграмма (рудные и халькофильные элементы) для рудных пород массива Малютка. Состав примитивной мантии здесь и далее по [11].

Условные обозначения: 1 — группа слабоизменённых образцов руд, 2 — группа сильноизменённых образцов руд, 3492 — эндоконтактовое габбро, 3494 — вмещающий туфопесчаник, MO1 и MO2 — средние содержания в 1-й и 2-й группах

Fig. 3. Normalized multi-element diagram (ore and chalcophile elements) for the ore-bearing rocks of Malyutka massif. Primitive mantle composition here and further taken from [11].

Legend: 1 — low altered ore sample group, 2 — high altered ore sample group, 3492 — endocontact gabbro, 3494 — host tuffstone, MO1 и MO2 — average content in groups 1 and 2

Таблица 2. **Концентрации благородных металлов (мг/т) в породах массива Малютка (1—3) и вмещающей породе (4)**

Table 2. **Precious metal concentration (ppb) in Malyutka massif (1—3) and host (4) rocks**

№ п/п	Образец / Sample	Элемент / Element						Отношение / Ratio
		Ru	Rh	Pd	Ir	Pt	Au	Pd/Pt
1	3466+3467	12	2.2	80	< 2	17	25	4.7
2	3484	8.9	3.4	190	3.3	92	58	2.1
3	3492	9.1	2.1	160	2.6	4.9	14	32.6
4	3494	9.2	< 2	46	< 2	2.8	6.4	16.4

Примечание: свойства образцов см. в примечаниях к табл. 1 и в условных обозначениях к рис. 3.

Note: sample properties see in notes to Table 1 and in legend to Fig. 3.

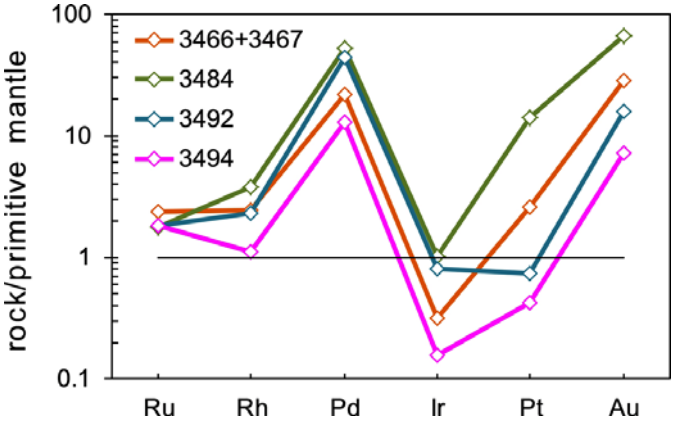


Рис. 4. Нормированная диаграмма распределения ЭПГ и Au в породах массива Малютка и вмещающих породах. Свойства образцов см. в примечаниях к табл. 1 и в условных обозначениях к рис. 3

Fig. 4. Normalized diagram for PGE and Au content in Malyutka massif and host rocks. Sample properties see in notes to table 1 and in legend to fig. 3

значимого количества сульфидов. В образце сильноизменённых руд концентрации Pd, Pt и Au в несколько раз ниже, чем в слабоизменённых рудах. Во вмещающем туфопесчанике из экзоконтактовой зоны интрузива уровни концентраций ЭПГ и Au существенно ниже, чем в магматитах, однако спектры их распределения морфологически очень схожи (рис. 4).

Рассматриваемые группы пород различаются по характеру распределения халькофильных микроэлементов, являющихся индикаторными для реконструкции процессов сульфидно-платинометалльного оруденения. В образцах слабоизменённых руд существенно выше (не менее чем в 2 раза) концентрации As, Se, Cd, Sn, Te, Pb и Bi, чем в сильноизменённых рудах, что особенно чётко проявляется на спектрах распределения по средним концентрациям элементов в двух группах (рис. 3). Наибольшее обеднение сильноизменённых руд наблюдается в отношении селена, теллура и висмута, содержания которых снижаются в 6, 7 и 8 раз соответственно. Концентрации Sb в сильноизменённых породах, напротив, незначительно выше, а концентрации Zn во всех типах пород, включая и

вмещающие, очень близки. Вмещающий туфопесчаник характеризуется наибольшей концентрацией As, но в целом спектры его распределения очень схожи с породами массива Малютка.

Литофильные крупноионные (LILE) и высокозарядные (HFSE) микроэлементы

Уровни концентраций индикаторных для реконструкции процессов петрогенезиса литофильных элементов в рудных и безрудных образцах мало различаются. Породы характеризуются варьирующими содержаниями LILE и умеренными концентрациями HFSE. Спектры распределения слабо- и сильноизменённых пород в целом идентичны (рис. 5). Значимое различие выявляется в уровнях содержаний Cs, Rb, Ba и K, которыми более обогащены сильноизменённые образцы (в 2—5 раз), а также Pb, которым они обеднены (в 4 раза) относительно слабоизменённых образцов. Следует отметить, что свинец в классификации В. М. Гольдшмидта рассматривается и в литофильной, и в халькофильной группах элементов. Приконтактовое габбро характеризуется повышенными содержаниями литофильных микроэлементов, кроме Cs, Rb, K, Pb.

Во вмещающем туфопесчанике отмечаются более высокие концентрации Th и U и более низкие концентрации Cs и Rb, чем в габброидах и шрисгеймитах. Хотя в целом на мультиэлементной диаграмме наблюдается достаточно сходная картина распределения литофильных элементов в эндоконтактовом габбро и экзоконтактовом туфопесчанике, что особенно заметно в распределении HFSE (рис. 5).

Обсуждение

Роль постмагматических процессов в перераспределении различных рудогенных элементов сульфидно-платинометалльных руд рассматривается в ряде специализированных научных работ [напр., 8, 10]. Однако сейчас пока нет общепринятых представлений о природе гидротермального перераспределения тех или иных элементов; в каждом конкретном объекте геохимические особенности рассматриваются индивидуально. Приведённые выше на примере массива Малютка результаты показали, что гидротермальные процессы оказывают существенное воздействие на перераспределение рудогенных элементов — сидерофильных и халькофильных — и незначительное в отношении литофильных, не принимающих непосредственного участия в процессах сульфидно-платинометалльного рудогенеза. На содержаниях главных (породообразующих) химических элементов метасоматические изменения сказались относительно слабо. Значимые вариации связаны лишь с калием, что объясняется неравномерным распределением вторичных калийсодержащих минералов. Наибольшие содержания калия первично были связаны с пойкилитовым флогопитом, сопровождающим богатые оливином разности пород [2]. Но значительная часть флогопита оказалась замещена поздними низкотемпературными минералами, в основном хлоритом, в котором содержания калия сильно варьируют. По метасоматическим жилам, распространённым по всему объёму массива, развиты вторичные полевые шпаты, в том числе калиевый.

Исследования показывают, что при гидротермально-метасоматических процессах сульфидные и платинометалльные минералы могут замещаться вторичными силикатами [9, 10, 17]. В наших работах по худолазовскому комплексу тоже приводятся такие примеры, в частности по рудам массива Малютка [5]. На масс-балансовой гистограмме (рис. 6) отражено увеличение количества кремнезёма, глинозёма, натрия и калия в сильноизменённых рудах, а также незначительное уменьшение железа и магния. Это указывает на преобладающее замещение сульфидов гидротермальными полевыми шпатами, в меньшей степени кварцем и глинистыми минералами. Обогащение сильноизменённых пород щелочными и щёлочноземельными микроэлементами лишь подтверждает данное явление.

Уменьшение концентраций Cu, Ni, Co и S в сильноизменённых рудах в сравнении со слабоизменёнными согласуется с установленным фактом замещения первичных сульфидов вторичными сульфидами, а также силикатами и карбонатами при общем сокращении размеров первичных сульфидных сростков [5]. Никель и кобальт на ранней гидротермальной (пропилитовой) стадии наследовались вторичными сульфидами (пиритом и виоларитом), но на поздней гидротермальной (аргиллизитовой) стадии уже рассеивались в породах массива в виде Ni-Co-содержащего пирита или входили в состав низкотемпературных силикатов (например, хлорита). Часть Ni и Co могла быть вынесена во вмещающие породы, как это установлено для схожего с Малюткой по составу и строению массива Ташлы-Тау [4]. Установленное обогащение вмещающего туфопесчаника мышьяком служит подтверждением этой позиции. Медь контролируется почти исключительно халькопиритом, образующим несколько генераций и развитым, в том числе во вмещающих породах. Основным фактором, обусловливающим растворение вторичных сульфидов и перераспределение рудных элементов, вероятно, является окисленный характер гидротермального флюида, при воздействии которого стабильными оставались лишь пирит и халькопирит (поздней генерации) [12, 14, 18]. В безрудных породах Ni и Co кроме мелких сульфидных выделений в значительной мере содержатся в виде примесей в силикатах (оливин, клинопироксен, амфибол) [2]. С этим и связывается отсутствие явных признаков их перераспределения в сильноизменённых безрудных породах.

Элементы платиновой группы, имеющие высокий коэффициент распределения «сульфидная жидкость — силикатный расплав» на магматическом этапе [13], на гидротермальном этапе могут формировать вторичные минералы ЭПГ или рассеиваться в метасоматитах, в том числе выноситься во вмещающие породы [6, 7, 10]. Судя по характеру концентраций ЭПГ в изученных образцах, гидротермальные процессы привели и к выносу части Pd и Pt из первичных сульфидных руд массива Малютка. Отчасти это способствовало обогащению Pd и Pt безрудных пород, что видно на примере приконтактового габбро. Минералы ЭПГ в основном были выявлены в ассоциации с первичными сульфидами и лишь в небольшом количестве в ассоциации с вторичными сульфидами ранней гидротермальной стадии [5]. Последние представлены сурьмянистыми минералами палладия, не встречающимися в неизменённых сульфидных агрегатах и, вероятно, имеющими гидротермальное происхождение.

Характер распределения халькофильных микроэлементов, в числе которых выделяются и халькогенидные в виде группы TABS (Te, As, Bi, Sb, иногда Se), в целом

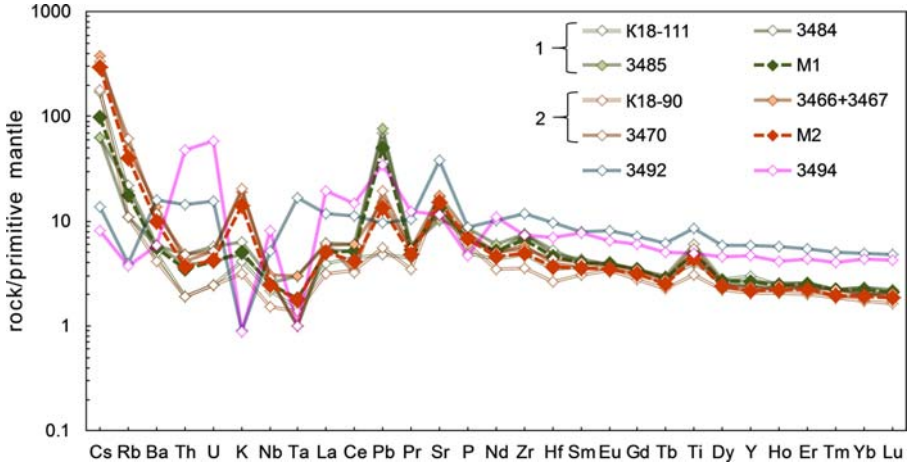


Рис. 5. Нормированная мультиэлементная диаграмма (литофильные элементы) для пород массива Малютка.
Условные обозначения: 1 — группа слабоизменённых образцов, 2 — группа сильноизменённых образцов, 3492 — эндоконтактовое габбро, 3494 — вмещающий туфопесчаник, M1 и M2 — средние содержания в 1-й и 2-й группах

Fig. 5. Normalized multi-element diagram (lithophile elements) for the rocks of Malyutka massif.
Legend: 1 — low altered sample group, 2 — high altered sample group, 3492 — endocontact gabbro, 3494 — host tuffstone, M1 и M2 — average content in groups 1 and 2

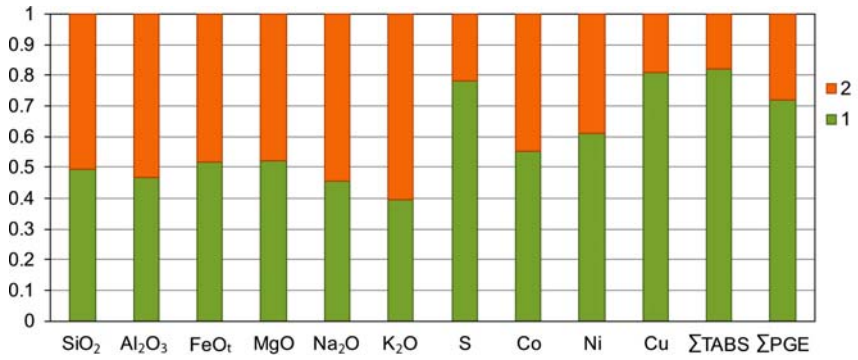


Рис. 6. Масс-балансовая гистограмма для средних содержаний ряда петрогенных, сидерофильных и халькофильных элементов в рудах массива Малютка (1 — слабоизменённые, 2 — сильноизменённые)

Fig. 6. Mass balance bar chart for the petrogenic, siderophile and chalcophile elements for the average composition of Malyutka massif ores (1 — low altered, 2 — high altered)

комплементарен с механизмами выщелачивания и переотложения сульфидов и их главных элементов. Сильноизменённые руды резко обеднены халькофильными элементами (кроме Zn, Ag, Sb) по сравнению со слабоизменёнными. Элементы TABS являются минералообразующими для ЭПГ (обычно Pd и Pt, иногда Rh) в сульфидных системах, и потому изучение их концентраций в рудах иногда даёт возможность прогнозировать механизмы миграции платиноидов. Вынос халькофильных элементов из руд, вероятно, стал причиной обогащения ими эндоконтактового габбро и экзоконтактового туфопесчаника. Однако пока непонятным является поведение сурьмы, которой указанные породы относительно обогащены, причём слабоизменённые и сильноизменённые руды содержат её в сопоставимом количестве. Для гидротермально изменённых сульфидных руд индикаторным считается величина S/Se, поскольку селен является постоянной примесью сульфидов, изоморфно замещая в их структуре серу, и считается относительно маломобильным элементом [16]. В изучаемых слабоизменённых рудах величина S/Se в среднем составляет 5260, а в сильноизменённых — 4910, что отражает более высокую мобильность серы. Высокомобильными элементами в изучаемой системе также являются Te, Bi и Pb. Первые два являются важнейшими элементами минералов ЭПГ (майчнерит, меренскиит), встреченных в массиве Малютка, а последний образует собственные минералы (галенит, алтаит, Pb-цумоит), ассоциирующие с минералами ЭПГ. Полученные данные наряду с минералогическими наблюдениями [5] свидетельствуют о растворении первичных минералов Pd, Pt, Te, Bi, Pb при гидротермальных процессах.

Значительные вариации некоторых LILE и HFSE (Cs, Rb, Ba, Sr, Th, U) связываются с особенностями гидротермального флюида и возможной контаминацией расплава при внедрении магмы в краевых частях массива. Аномальное обогащение шрисгеймитов цезием (в сотни раз выше в сравнении с габбро и габбро-диоритами) отмечается и в других массивах худолазовского комплекса [1], но природа этого явления специально не изучалась. Предполагается, что оно связано с привносом Cs из вмещающих пород при гидротермально-метасоматических процессах.

Выводы

Суммируя вышесказанное, можно сделать следующие основные выводы.

Породы массива Малютка претерпели неравномерную метасоматизацию, связанную с циркуляцией гидротермальной жидкости, обогащённой мобильными элементами из вмещающих пород. Особенности состава постмагматических минеральных ассоциаций свидетельствуют в пользу окисленного характера гидротермального флюида.

Гидротермально-метасоматические процессы оказали существенное воздействие на перераспределение многих сидерофильных и халькофильных элементов, но слабо влияли на распределение литофильных элементов в породах. В первую очередь это касается изменения руд. Изучение средних концентраций элементов показало чёткую тенденцию к истощению первичных руд сидерофильными и халькофильными элементами, что указывает на их высокую мобильность при гидротермально-метасоматических процессах.

Перераспределение рудных элементов, в числе которых Cu, Ni, Co, ЭПГ и Au, а также TABS (Te, As, Bi, Sb, Se), непосредственно связано с растворением, замещением и переотложением сульфидов как в самом массиве, так и за его пределами.

Исследования выполнены в рамках темы № 0246-2019-0080 Госзадания ИГ УФИЦ РАН.

Литература

1. *Рахимов И. Р.* Геология, петрология и рудоносность позднедевонско-карбонового интрузивного магматизма Западно-Магнитогорской зоны Южного Урала: Дис. ... канд. геол.-мин. наук. Уфа, 2017. 181 с.

2. *Рахимов И. Р.* Минералогия и главные аспекты петрологии массива Малютка худолазовского комплекса (Южный Урал) // Вестник геонаук. 2020. № 1. С. 8—18.

3. *Рахимов И. Р.* Петрология и геохимия массива Ташлы-Тау, худолазовский дифференцированный комплекс, Южный Урал // Вестник ВГУ. Серия: Геология. 2020. № 2. С. 44—57.

4. *Рахимов И. Р., Анкушева Н. Н., Холоднов В. В.* Co-Pd-Ag и Th-REE-минерализация вмещающих пород экзоконтактовой зоны массива Ташлы-Тау худолазовского комплекса (Южный Урал): условия образования и источники вещества // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331. № 8. С. 77—91.

5. *Рахимов И. Р., Савельев Д. Е., Вишневский А. В.* Сульфидно-платинометалльная минерализация изменённых габбро массива Малютка худолазовского комплекса: влияние гидротермальных процессов на тип минеральной ассоциации // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2019. № 275. С. 15—24.

6. *Спиридонов Э. М., Кулагов Э. А., Серова А. А., Куликова И. М., Коротаева Н. Н., Середа Е. В., Тушенцова И. Н., Беляков С. Н., Жуков Н. Н.* Генетическая минералогия Pd, Pt, Au, Ag, Rh в норильских сульфидных рудах // Геология рудных месторождений. 2015. Т. 57. № 5. С. 445—476.

7. *Auge T., Salpeteur I., Bailly L., Mukherjee M., Patra R. N.* Magmatic and hydrothermal platinum-group minerals and base-metal sulfides in the Baula Complex, India // Canadian Mineralogist. 2002. V. 40. No. 2. P. 277—309.

8. *Campos-Alvarez N. O., Samson I. M., Fryer B. J.* The roles of magmatic and hydrothermal processes in PGE mineralization, Ferguson Lake deposit, Nunavut, Canada // Mineralium Deposita 2012. V. 47. No. 4. P. 441—465.

9. *Dare S. A., Barnes S.-J., Prichard H. M. Fisher P. C.* Chalcophile and platinum-group element (PGE) concentrations in the sulfide minerals from the McCreedy East deposit, Sudbury, Canada, and the origin of PGE in pyrite // Mineralium Deposita. 2011. V. 46. P. 381—407.

10. *Holwell D. A., Zeinab A., Warda L. A., Smith D. J., Graham S. D., McDonald I., Smith J. W.* Low temperature alteration of magmatic Ni-Cu-PGE sulfides as a source for hydrothermal Ni and PGE ores: A quantitative approach using automated mineralogy // Ore Geology Reviews. 2017. V. 91. P. 718—740.

11. *Lyubetskaya T., Korenaga J.* Chemical composition of earths primitive mantle and its variance // Journal of geophysical research. 2007. Vol. 112. pp. 1—21.

12. *Mountain B. W. Wood S. A.* Chemical controls on the solubility, transport, and deposition of platinum and palladium in hydrothermal solutions: A thermodynamic approach // Economic geology. 1988. V. 83. P. 492—510.

13. *Mungall J. E., Brenan J. M.* Partitioning of platinum-group elements and Au between sulfide liquid and basalt and the origins of mantle-crust fractionation of the chalcophile elements. Geochimica et Cosmochimica Acta. 2014. V. 125. P. 265—289.

14. *Qian G., Xia F., Brugger J., Skinner W.S., Bei J., Chen G., Pring A.* Replacement of pyrrhotite by pyrite and marcasite under hydrothermal conditions up to 220 °C: An experimental study of reaction textures and mechanisms // American Mineralogist. 2011. V. 96. P. 1878—1893.

15. *Schwartz G.M.* Hydrothermal alteration // Economic Geology. 1959. V. 54. No. 2. P. 161—183.

16. *Smith J. W., Holwell D. A., McDonald I., Boyce A. J.* The application of S isotopes and S/Se ratios in determining ore-forming processes of magmatic Ni—Cu—PGE sulfide deposits: a cautionary case study from the northern Bushveld Complex // Ore Geology Reviews. 2016. No. 73. P. 148—174.

17. *Suarez S., Prichard H. M., Velasco F., Fisher P. C., McDonald I.* Alteration of platinum-group minerals and dispersion of platinum-group elements during progressive weathering of the Aguablanca Ni—Cu deposit, SW Spain // Mineralium Deposita. 2010. V. 45. P. 331—350.

18. *Xia F., Brugger J., Chen G., Ngothai Y., O Neill B., Putnis A., Pring A.* Mechanism and kinetics of pseudomorphic mineral replacement reactions: A case study of the replacement of pentlandite by violarite // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2009. V. 73. P. 1945—1969.

References

1. Rakhimov I. R. *Geologiya, petrologiya i rudonosnost pozdnedevonsko-karbonovogo intruzivnogo magmatizma Zapadno-Magnitogorskoy zony Yuzhnogo Urala* (Geology, petrology and ore-mineralization of Late Devonian—Carbon intrusive magmatism of the Western Magnitogorsk zone of the Southern Urals). Candidates dissertation in Geology and Mineralogy. Ufa, 2017, 181 p.

2. Rakhimov I. R. *Mineralogiya i glavnye aspekty petrologii massiva Malyutka khudolazovskogo kompleksa* (Yuznyi Ural) (Mineralogy and main petrology aspects of Malyutka massif of the Khudolaz complex (Southern Urals)). Vestnik of Geosciences, 2020, V. 301, No. 1, pp. 8—18.

3. Rakhimov I. R. *Petrologiya i geokhimiya massiva Tashly-Tau, khudolazovskiy differentsirovannyi kompleks, Yuzhnyi Ural* (Petrology and geochemistry of Tashly-Tau massif, Khudolaz layered complex, South Urals). Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology, 2020, No. 2, pp. 44—57.

4. Rakhimov R. I., Ankusheva N. N., Kholodnov V. V. *Co-Pd-Ag u Th-REE mineralizatsiya vmeshchayushchikh porod ekzokontaktovoy zony massiva Tashly-Tau khudolazovskogo kompleksa (Yuzhnyi Ural): usloviya obrazovaniya i istochniki veshchestva* (Co-Pd-Ag and Th-REE mineralization of host rocks from the exocontact zone of Tashly-Tau massif, Khudolaz

complex (South Urals): ore sources and fluid inclusions data). Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering, 2020, V. 331, No. 8, pp. 77—91.

5. Rakhimov I. R., Saveliev D. E., Vishnevskiy A. V. *Sulfidno-platinometallnaya mineralizatsiya izmenyonnykh gabbro massiva Malyutka khudolazovskogo kompleksa: vliyanie gidrotermalnykh protsessov na tip mineralnoy assotsiatsii* (Sulfide-platinum metal mineralization of Khudolaz complex Malyutka altered gabbro massif: hydrothermal influence to the mineral association types). Vestnik IG Komi SC UB RAS, 2019, V. 275, No. 4, pp. 15—24.

6. Spiridonov E. M, Serova A. A., Korotaeva N. N., Zhukov N. N., Kulagov E. A., Belyakov S. N., Kulikova I. M., Sereda E. V., Tushentsova I. N. *Geneticheskaia mineralogiia Pd, Pt, Au, Ag, Rh v norilskikh sulfidnykh rudakh* (Genetic Pd, Pt, Au, Ag, and Rh mineralogy in Norilsk sulfide ores. Geology of Ore Deposits), 2015, V. 57, I. 5, pp. 402—432.

7. Auge T., Salpeteur I., Bailly L., Mukherjee M., Patra R.N. Magmatic and hydrothermal platinum-group minerals and base-metal sulfides in the Baula Complex, India. Canadian Mineralogist, 2002, V. 40, No. 2, pp. 277—309.

8. Campos-Alvarez N. O., Samson I.M., Fryer B. J. The roles of magmatic and hydrothermal processes in PGE mineralization, Ferguson Lake deposit, Nunavut, Canada. Mineralium Deposita 2012, V. 47, No. 4, pp. 441—465.

9. Dare S. A., Barnes S.-J., Prichard H.M. Fisher P.C. Chalcophile and platinum-group element (PGE) concentrations in the sulfide minerals from the McCreedy East deposit, Sudbury, Canada, and the origin of PGE in pyrite. Mineralium Deposita, 2011, V. 46, pp. 381—407.

10. Holwell D. A., Zeinab A., Warda L. A., Smith D. J., Graham S. D., McDonald I., Smith J. W. Low temperature alteration of magmatic Ni-Cu-PGE sulfides as a source for hydrothermal Ni and PGE ores: A quantitative approach using automated mineralogy. Ore Geology Reviews, 2017, V. 91, pp. 718—740.

11. Lyubetskaya T., Korenaga J. Chemical composition of earths primitive mantle and its variance. Journal of geophysical research, 2007, V. 112, pp. 1—21.

12. Mountain B. W. Wood S. A. Chemical controls on the solubility, transport, and deposition of platinum and palladium in hydrothermal solutions: A thermodynamic approach. Economic geology, 1988, V. 83, pp. 492—510.

13. Mungall J. E., Brenan J. M. Partitioning of platinum-group elements and Au between sulfide liquid and basalt and the origins of mantle-crust fractionation of the chalcophile elements. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2014, V. 125, pp. 265—289.

14. Qian G., Xia F., Brugger J., Skinner W.S., Bei J., Chen G., Pring A. Replacement of pyrrhotite by pyrite and marcasite under hydrothermal conditions up to 220 °C: An experimental study of reaction textures and mechanisms. American Mineralogist, 2011, V. 96, pp. 1878—1893.

15. Schwartz G. M. Hydrothermal alteration. Economic Geology, 1959, V. 54, No. 2, pp. 161—183.

16. Smith J. W., Holwell D. A., McDonald I., Boyce A. J. The application of S isotopes and S/Se ratios in determining ore-forming processes of magmatic Ni—Cu—PGE sulfide deposits: a cautionary case study from the northern Bushveld Complex. Ore Geology Reviews, 2016, No. 73, pp. 148—174.

17. Suarez S., Prichard H. M., Velasco F., Fisher P. C., McDonald I. Alteration of platinum-group minerals and dispersion of platinum-group elements during progressive weathering of the Aguablanca Ni—Cu deposit, SW Spain. Mineralium Deposita, 2010, V. 45, pp. 331—350.

18. Xia F., Brugger J., Chen G., Ngothai Y., ONeill B., Putnis A., Pring A. Mechanism and kinetics of pseudomorphic mineral replacement reactions: A case study of the replacement of pentlandite by violarite. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2009, V. 73, pp. 1945—1969.

Поступила в редакцию / Received 21.08.2020

УДК 549 (929)

DOI: 10.19110/geov.2020.11.3

С. С. САВКЕВИЧ И ЕГО ИСТОРИЯ ЯНТАРЯ

О. В. Мартиросян[1], М. А. Богдасаров[2]

[1] Геологический институт РАН, Москва; *mov@ginras.ru*

[2] Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, Брест, Беларусь

bahdasarau@gmail.com

Статья посвящена научной деятельности известного ученого в области минералогии и геологии янтаря и других ископаемых смол Святослава Сергеевича Савкевича в связи с 90-летием со дня рождения. Кратко представлен жизненный путь, важнейшие направления исследований и наиболее крупные достижения ученого. Акцентировано внимание на результатах многогранной научно-организационной и общественной деятельности С. С. Савкевича.

Ключевые слова: *С. С. Савкевич, янтарь, ископаемые смолы.*

S. S. SAVKEVICH AND HIS AMBER HISTORY

O. V. Martirosyan[1], M. A. Bogdasarov[2]

[1] Geological Institute of RAS, Moscow

[2] BrSU named after A. S. Pushkin, Brest, Belarus

The article is devoted to Svyatoslav Sergeevich Savkevich's scientific activities in connection with his 90th anniversary. He was a famous scientist in the field of mineralogy and geology of amber and other fossil resins. We briefly reviewed his life path, prime research lines and the most important achievements of the scientist. We focused on the results of his comprehensive scientific-organizational and public activity.

Keywords: *S. S. Savkevich, amber, fossil resins.*

Я полагаю, никто не будет отрицать,
что янтарь является даром Бога,
которым Он захотел украсить страну.
Георг Иоахим Ретик

Введение

Янтарь считается одним из самых популярных ювелирно-поделочных камней, известных человеку еще с глубокой древности. Проблема его образования, а также изучение его физической и химической природы издавна привлекали внимание исследователей. Первые правильные догадки о его происхождении высказывались еще во второй половине XVIII века М. В. Ломоносовым [3]. Свой вклад в разработку представлений о генезисе янтаря и ископаемых смол, а также в решение многих вопросов, касающихся различных аспектов их изучения в XX в., внесли Н. А. Орлов, В. А. Успенский [4], В. И. Катинас [2], В. С. Трофимов [9], Б. И. Сребродольский [8], Н. П. Юшкин [11].

Имя Святослава Сергеевича Савкевича (18.08.1930—15.12.2003) также хорошо известно многим специалистам, которые исследуют тайны происхождения янтаря (рис. 1). Он определил многие направления практической и теоретической минералогии и геологии янтаря в XX веке.

Формирование ученого

Родился Святослав Сергеевич в г. Вильно (Вильнюс) 18 августа 1930 г. в семье инженера Сергея Викторовича Савкевича (1885—1949), происходившего из знатного рода сербских князей Собичей, и врача Анны Яковлевны Ильиной (1897—1984).

По окончании 10-летней школы в 1948 г. С. С. Савкевич поступил в Ленинградский горный институт на геолого-разведочный факультет. Проучился три года, «застрял» на производственной практике в экспедиции и был отчислен из института, однако не бросил заниматься геологией. С октября 1951 г. по май 1954 г. С. С. Савкевич работал коллектором Лесной экспедиции, прорабом, геологом Дальней геолого-съемочной экспедиции ВСЕГЕИ; с мая 1954 г. по июнь 1955 г. — начальником отряда Северной экспедиции Всесоюзного института разведочной геофизики (ВИРГ); с июня 1955 г. по февраль 1958 г. — геологом тематической партии треста «Ленгеонеруд»; с февраля 1958 г. по июнь 1959 г. — переводчиком издательства «Госгеолтехиздат». По ходатайству ректора Горного института С. С. Савкевич был восстановлен в инсти-

Для цитирования: Мартиросян О. В., Богдасаров М. А. С. С. Савкевич и его история янтаря // Вестник геонаук. 2020. 11(311). С. 30—34. DOI: 10.19110/geov.2020.11.3.

For citation: Martirosyan O. V., Bogdasarov M. A. S. S. Savkevich and his amber history. Vestnik of Geosciences. 2020. 11(311). P. 30—34. DOI: 10.19110/geov.2020.11.3.



Рис. 1. Святослав Сергеевич Савкевич (1930—2003). Фото справа из архива Б. Космовской-Церанович

Fig. 1. Svyatoslav Sergeevich Savkevich (1930—2003). Photo on the right from B. Kosmovskaya-Ceranovich's archive

туте, сдав экстерном 21 (!) экзамен. В 1959 г. он получил диплом по специальности «геология и разведка месторождений полезных ископаемых». С июля 1959 г. по март 1960 г., работая литологом Среднеазиатской экспедиции ВСЕГЕИ, изучал осадочные породы в Таджикистане и Туркмении (рис. 2).

В ноябре 1960 г. Святослав Сергеевич попал в больницу с диагнозом «лучевая болезнь». Из больницы его выписали только в октябре 1961 г. инвалидом второй группы. Это заболевание он получил в августе 1953 г., находясь в экспедиции в Туве: его и еще 16 геологов засыпало радиационными осадками при испытаниях водородной бомбы под Семипалатинском. Погибло 8 человек, С. С. Савкевич выжил, но болезнь дала знать о себе не сразу. После больницы он вернулся во Всесоюзный нефтяной геолого-разведочный институт (ВНИГРИ) и работал в должности старшего научного сотрудника [1].

С 1962 по 1973 гг. занимался вопросами литологии терригенных осадочных пород, прогнозом залежей природного газа на больших глубинах в Коми и Прибалтике, постепенно серьезно увлекаясь янтарем. В это время его назначили заведующим лабораторией физических методов исследования руд, минералов и нефти ВНИГРИ.

С этого времени работы по проблеме происхождения янтаря и идентификации ископаемых смол с применением различных физических и химических методов, а также разработка геохимической классификации ископаемых смол с опорой на их генезис составляли важную часть научных исследований Святослава Сергеевича. На протяжении многих лет активная деятельность ученого прерывалась болезнью, но, как только становилось легче, он снова самоотверженно работал, понимая ценность каждого дня, подаренного ему судьбой.

Балтийский янтарь

С. С. Савкевич считал, что поскольку ископаемые смолы вследствие своей рентгеноаморфности плохо поддаются изучению традиционными методами минералогии, инфракрасная спектроскопия (ИКС) может помочь в их идентификации. Практически одновременно, в 1963—1964 гг., в Германии [15], США [12] и России [5] для изучения янтаря впервые начали использовать ИКС. «Инфракрасные спектры поглощения балтийского янтаря (сукцинита)» — под таким названием в 1964 г. С. С. Савкевич совместно с И. А. Шакс опубликовал свою первую статью о янтаре, которая открыла принципиально новые представления в науке [5]. Изучив огромное количество ИК-спектров янтаря и проанализировав результаты, авторы обнаружили, что метод ИКС указывает на единый род смолы, несмотря на разное географическое положение. Кроме того, С. С. Савкевич разработал собственный метод подготовки проб для исследования.

В отличие от американского профессора К. Бека (C. Beck), который утверждал, что ИКС позволяет отличить балтийский янтарь от других ископаемых смол, С. С. Савкевич считал, что этим методом однозначно можно различить сукцинит и другие виды смол, но определить их географическую принадлежность невозможно. Кроме того, С. С. Савкевич и И. А. Шакс показали, что сукцинит может быть найден не только в странах Балтии, но и в любой точке земного шара, где присутствуют палеоботанические, палеогеографические и геохимические условия, необходимые для развития сукцинита (например, на Украине, в Белоруссии, Якутии, на Сахалине). Итогом этой заочной дискуссии, растянувшейся на долгие годы, послужило признание К. Бека в опубликованной рецензии на одну из работ С. С. Савкевича в 1982 г.: «Спасибо Савкевичу, происхождение сукцинита теперь открыто для обсуждения, а термин “балтийский янтарь” имеет меньшее значение, чем когда-либо» [13]. Однако встретиться они смогли только в 1990 г. на симпозиуме «Янтарь в геологии» в г. Либлиц (Чехия), где обсудили все свои научные разногласия.



Рис. 2. В предгорьях Копетдага (Туркмения). Сотрудники экспедиции и С. С. Савкевич (в центре). Лето 1959 г. Из архива С. П. Гуляевой

Fig. 2. In the foothills of the Kopetdag (Turkmenia). Expedition staff and S. S. Savkevich (center). Summer 1959. From S. P. Gulyaeva's archive

В 1968 г. на геологическом факультете Ленинградского университета С. С. Савкевич защитил кандидатскую диссертацию «Янтарь Пальмникенского месторождения», а спустя два года увидела свет его знаменитая монография «Янтарь» [6], которую он посвятил отцу, С. В. Савкевичу (рис. 3). И. И. Шафрановский написал на нее рецензию «Что мы знаем о янтаре?» в «Записках Всесоюзного минералогического общества». Он отметил, что для написания книги С. С. Савкевич использовал не только все известные на то время по данной проблеме отечественные и иностранные источники, но и «результаты оригинальных исследований ... по различным аспектам изучения янтаря» [10, с. 125]. В монографии представлена история изучения янтаря с X в. до н. э. и до 1960-х гг., дана минералогическая характеристика янтаря, рассмотрены особенности фоссилизации смол, а также их диагностики. Заключительная глава посвящена различным аспектам использования янтаря в древности и в наши дни. С момента выхода книги прошло 50 лет, но ее научное и практическое значение не потеряло своей актуальности. К сожалению, монография была издана сравнительно небольшим тиражом (1700 экз.), очень быстро разошлась среди любителей янтаря и при этом так и не была переиздана.

С. С. Савкевичу принадлежат труды, посвященные разнообразным проблемам геологии и минералогии янтаря. Он исследовал физические и химические свойства ископаемых смол, большое внимание уделял составу и условиям происхождения янтаря и других ископаемых смол, а также прогнозу и оценке их месторождений. С. С. Савкевич заложил основы мировых стандартов и методики идентификации янтаря (сукцинита). Успешно внедрил идею классификации первичных сортов сукцинита, которая уже полвека используется в практической археологии. Характерными чертами всех работ С. С. Савкевича является принципиально новая информация, оригинальный, часто неожиданный взгляд на минералогические проблемы ископаемых смол и их решение, а также фундаментальность заключений.

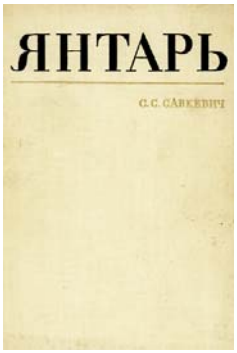


Рис. 3. Обложка монографии С. С. Савкевича «Янтарь» (1970)

Fig. 3. Cover of S. S. Savkevich's monograph «Yantar» (1970)

Концепция Калининградского музея янтаря

Святослав Сергеевич принимал активное участие в открытии Калининградского областного музея янтаря в 1979 г. (рис. 4). Начиная с 1969 г. он консультировал сотрудников музея, снабжал их литературой по янтарю и помог составить концепцию естественно-научного раздела. Он лично отобрал на обогатительной фабрике Янтарного комбината образцы янтаря различной формы, которые и сейчас находятся в экспозиции музея. По его рекомендации был расширен экспозиционный комплекс «Происхождение янтаря» и добавлены следующие темы: «Морфология и текстура балтийского янтаря как отражение некоторых моментов его онтогении», «Цветовая гамма янтаря», «Включения и ископаемые смолы». Святослав Сергеевич помогал решать также хозяйственные вопросы: отыскал люминесцентные лампы для освещения слайдов.

С. С. Савкевич положил начало формированию в музее коллекции янтареподобных ископаемых смол. Спустя десять лет кропотливой работы Музей янтаря был открыт. С. С. Савкевич никогда не терял связей с Калининградом, следил за развитием музея, оказывал помощь в реализации различных проектов, посещал важные мероприятия, проводившиеся в музее. В 1989 году он приехал в Калининград, чтобы присутствовать на праздновании 10-летнего юбилея музея (рис. 4).

Деятельность С. С. Савкевича во Всесоюзном минералогическом обществе и в Международной минералогической ассоциации

Несмотря на большую занятость, С. С. Савкевич много времени и энергии отдавал работе во Всесоюзном минералогическом обществе (ВМО), где особенно широко и ярко раскрылся его талант организатора науки. В сентябре 1978 г. по инициативе С. С. Савкевича (и под



Рис. 4. Слева: Калининградский музей янтаря. Справа: празднование 10-летия Калининградского музея янтаря. Калининград, 1989 г. Фото из архива С. П. Гуляевой

Fig. 4. Left: Kaliningrad Amber Museum. Right: Celebration of the 10th anniversary of the Kaliningrad Amber Museum. Kaliningrad. 1989. Photo from S. P. Gulyaeva's archive



Рис. 5. С. С. Савкевич и генеральный секретарь ММА проф. С. С. Хафнер (S. S. Hafner) в Новосибирске. 1978 г. Фото из архива С. П. Гуляевой

Fig. 5. S. S. Savkevich and MMA General Secretary Prof. S. S. Hafner in Novosibirsk. 1978. Photo from S. P. Gulyaeva's archive



Рис. 6. Рабочая группа по органическим минералам (WGOM), С. С. Савкевич — крайний справа. 1985 г. Фото из архива Б. Космовской-Церанович

Fig. 6. Working Group of Organic Minerals (WGOM), S. S. Savkevich is on the right. 1985 year. Photo from B.Kosmovskaya-Ceranovich's archive

его председательством) в период работы XI съезда Международной минералогической ассоциации (ММА) в Новосибирске была создана Комиссия по камнесамоцветному сырью и геммологии ВМО (рис. 5). Комиссия провела международную встречу специалистов по камням-самоцветам, результатом которой было создание международной рабочей группы по самоцветному сырью в рамках ММА, а также подготовка отдельного тома трудов XI съезда ММА «Самоцветы».

В 1980 г. С. С. Савкевич был избран председателем комиссии по зарубежным связям ВМО [7]. Он свободно общался на немецком и польском языках.

В марте 1981 г. вице-президент АН СССР академик А. В. Сидоренко пригласил С. С. Савкевича на работу в Ленинградское отделение Института океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР на должность старшего научного сотрудника, где он проработал всю оставшуюся жизнь.

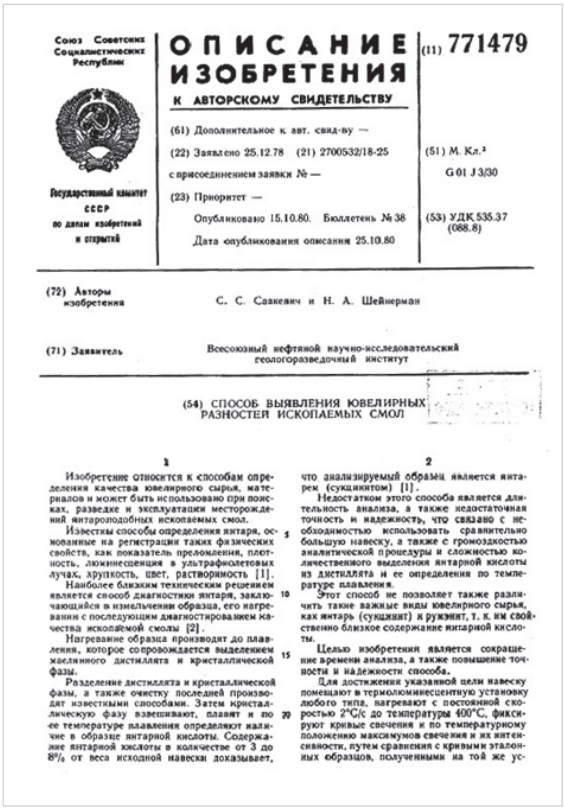
В 1982 г. на VI съезде ВМО Святослав Сергеевич был избран вице-президентом ВМО и пробыл на этом посту до 1994 г. В 1982 г. на XIII съезде ММА в г. Варна (Болгария) группа по самоцветному сырью ММА была преобразована в комиссию, заместителем председателя которой стал С. С. Савкевич.

В 1985 г. на форуме ММА в г. Идар-Оберштайне (ФРГ) была организована Рабочая группа по органическим минералам (WGOM), которую возглавил С. С. Савкевич (рис. 6). В неё вошли представители 10 стран. Секретарем был выбран Норберт Вавра (Norbert Vavra) из Австрии, ныне ее глава. Активная научно-организационная деятельность С. С. Савкевича привела к укреплению связей между Всероссийским минералогическим обществом и Международной минералогической ассоциацией.

Научное наследие

В 1980 г. С. С. Савкевич в соавторстве с Н. А. Шейнерманом получил патент на изобретение «Способ выявления ювелирных разновидностей ископаемых смол» (рис. 7), впоследствии применяемый для промышленно-хозяйственных нужд.

В 1988 г. С. С. Савкевич совместно с Ингелой Аруа (Ingela Arua) [14] обозначили новый вид ископаемой смолы — амекит (название дано С. С. Савкевичем), который нашли на юго-западе Нигерии в эоценовых глинистых песчаниках. Кроме того, смола, идентифицирован-



Союз Советских Социалистических Республик

Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 771479

(61) Дополнительное к авт. свид-ву —

(22) Заявлено 25.12.78 (21) 2700532/18-25

с присоединением заявки № —

(23) Приоритет —

Опубликовано 15.10.80. Бюллетень № 38

Дата опубликования описания 25.10.80

(51) М. Кл.³ G 01 J 3/30

(53) УДК 535.37 (088.8)

(72) Авторы изобретения: С. С. Савкевич и Н. А. Шейнерман

(71) Заявитель: Всесоюзный нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт

(54) СПОСОБ ВЫЯВЛЕНИЯ ЮВЕЛИРНЫХ РАЗНОСТЕЙ ИСКОПАЕМЫХ СМОЛ

1

Изобретение относится к способам определения качества ювелирного сырья, материалов и может быть использовано при поисках, разведке и эксплуатации месторождений янтароподобных ископаемых смол.

Известны способы определения янтаря, основанные на регистрации таких физических свойств, как показатель преломления, плотность, люминесценция в ультрафиолетовых лучах, хрупкость, цвет, растворимость [1].

Наиболее близким техническим решением является способ диагностики янтаря, заключающийся в измельчении образца, его нагревании с последующим диагностированием качества ископаемой смолы [2].

Нагревание образца производят до плавления, которое сопровождается выделением масляного дистиллята и кристаллической фазы.

Разделение дистиллята и кристаллической фазы, а также очистку последней производят известными способами. Затем кристаллическую фазу взвешивают, плавят и по ее температуре плавления определяют наличие в образце янтарной кислоты. Содержание янтарной кислоты в количестве от 3 до 8% от веса исходной навески доказывает, что анализируемый образец является янтарем (сукцинитом) [1].

2

Недостатком этого способа является длительность анализа, а также недостаточная точность и надежность, что связано с необходимостью использовать сравнительно большую навеску, а также с громоздкостью аналитической процедуры и сложностью количественного выделения янтарной кислоты из дистиллята и ее определения по температуре плавления.

Этот способ не позволяет также различить такие важные виды ювелирного сырья, как янтарь (сукцинит) и ружьит, т. к. им свойственно близкое содержание янтарной кислоты.

Целью изобретения является сокращение времени анализа, а также повышение точности и надежности способа.

Для достижения указанной цели навеску помещают в термолюминесцентную установку любого типа, нагревают с постоянной скоростью 2°С/с до температуры 400°С, фиксируют кривые свечения и по температурному положению максимумов свечения и их интенсивности, путем сравнения с кривыми эталонных образцов, полученными на той же ус-

Рис. 7. Авторское свидетельство на изобретение способа выявления ювелирных разновидностей ископаемых смол № 771479 от 15.10.1980 г.

Fig. 7. Copyright certificate for the invention of a method for detecting jewelry varieties of fossil resins No. 771479 dated 15.10.1980

ная еще в 1896 г. О. Гельмом как «гнилой янтарь», с содержанием янтарной кислоты 1.13—1.70 % позже была названа С. С. Савкевичем гедано-сукцинитом [6].

Можно с уверенностью сказать, что созданные С. С. Савкевичем научные и практические рекомендации выдержали испытание временем. В настоящее время ископаемые смолы по методике С. С. Савкевича продолжают изучать в научных центрах и университетах России, Белоруссии, Украины, Польши. Это говорит о том, что все начинания С. С. Савкевича по изучению ископаемых смол не потеряли своей актуальности и до сих пор востребованы всеми, кто занимается янтарной проблематикой. Его монография «Янтарь» [6] до сих пор служит уникальным справочником.

С. С. Савкевич умер от инсульта 15 декабря 2003 г. Похоронен на Красненьком кладбище Санкт-Петербурга. 18 августа 2020 г. все, кто интересуется янтарем, отмечали 90-летие со дня рождения С. С. Савкевича.

Заключение

Мы надеемся, что нам удалось осветить многогранную научную, организационную и общественную деятельность ученого и тот ценный вклад, который он внес в развитие науки о янтаре. Труды С. С. Савкевича по идентификации янтаря и других ископаемых смол, условиям их образования, изучению корреляции между составом, структурой и свойствами ископаемых смол составили важный этап в истории органической минералогии. Научное наследие С. С. Савкевича, его идеи и результаты исследований нашли развитие в трудах его коллег и учеников, в концепции Калининградского музея янтаря. Имя Святослава Сергеевича Савкевича навсегда войдет в историю Российского минералогического общества и Международной минералогической ассоциации.

Литература

1. *Гуляева С. П.* Воспоминания о С. С. Савкевиче. Брест: Брестская типография, 2010. 120 с.

2. *Катинас В. И.* Янтарь и янтареносные отложения Южной Прибалтики. Вып. 20. Вильнюс: ЛитНИГРИ, 1971. 150 с.

3. *Ломоносов М. В.* Полное собрание сочинений: В 11 т. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. 5. 747 с.

4. *Орлов Н. А., Успенский В. А.* Минералогия каустобиолитов. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1936. 198 с.

5. *Савкевич С. С., Шакс И. А.* Инфракрасные спектры поглощения балтийского янтаря (сукцинита): Ч. 1—3 // Журн. прикладной химии. 1964: Ч. 1. № 4. С. 930—931; Ч. 2. № 5. С. 1120—1122; Ч. 3. № 12. С. 1515—1520.

6. *Савкевич С. С.* Янтарь. Л.: Недра, 1970. 191 с.

7. *Соловьев С. П., Доливо-Добровольский В. В.* История Всесоюзного минералогического общества и его роль в развитии геологических наук. СПб.: Наука, 1992. 334 с.

8. *Сребродольский Б. И.* Геологическое строение и закономерности размещения месторождений янтаря СССР. Киев: Наукова думка, 1984. 166 с.

9. *Трофимов В. С.* Янтарь. М.: Недра, 1974. 183 с.

10. *Шафрановский И. И.* Что мы знаем о янтаре? // ЗВМО. 1973. № 1. С. 125—126.

11. *Юшкин Н. П., Бушнев Д. А., Шанина С. Н.* Ископаемые смолы Северной Евразии // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2006. № 11. С. 2—5.

12. *Beck C. W., Wilbur E., Meret S.* Infrared spectra and the origin of amber. Nature. 1964. Vol. 201. pp. 256—257.

13. *Beck C. W.* Physical methods used to determine the geological origin of amber and other fossil resins; Some critical remarks: Comment // Phys. Chem. Minerals. 1982. No. 8. pp. 146—147.

14. *Savkevich S. S., Arua I.* Amekit — a new fossil resin from Nigeria. The Sixth Meeting on Amber and Amber-bearing Sediments (20—21 October 1988, Warsaw). Warsaw, Muzeum Ziemi PAN. 1988. pp. 27.

15. *Schwochau R., Haeevernik T. E., Anker D.* Zur infrarotspektroskopischen herkunfsbestimmung von Bernstein // Jb. Rom.-Germ. Zentralmus. Mainz. 1964. No. 10. S. 171—176.

References

1. Gulyaeva S. P. *Vospominaniia o S. S. Savkeviche* (Memories of S. S. Savkevich). Brest: Brest Printing House, 2010, 120 p.

2. Katinas V. I. *Yantar i yantarenosnye otlozheniia Yuzhnoy Pribaltiki* (Amber and amber deposits of the Southern Baltic region). 20, Vilnyus: LitNIGRI, 1971, 150 p.

3. Lomonosov M. V. *Polnoe sobranie sochinenii* (Complete works). Moscow, Leningrad: USSR Acad. Sci., 1954, V. 5, 747 p.

4. Orlov N. A., Yspenskiy V. A. *Mineralogiia kaustobiolitov* (Mineralogy of Caustobiolites). Moscow; Leningrad: USSR Acad. Sci., 1936, 198 p.

5. Savkevich S. S., Shakhs I. A. *Infrakrasnye spektry pogloshcheniia baltiiskogo yantaria (suktcinita)* (Infra-red absorption spectra of Baltic amber (succinite)). J. Appl. Chem., 1964, V. 1, 4, pp. 930—931; V. 2, 5, pp. 1120—1122; V. 3, 12, pp. 1515—1520.

6. Savkevich S. S. *Yantar* (Amber). Leningrad: Nedra, 1970, 190 p.

7. Solovev S. P., Dolivo-Dobrovolsky V. V. *Istoriia Vsesoiuznogo mineralogicheskogo obshchestva i ego rol v razvitii geologicheskikh nauk* (History of the Russian Mineralogical Society and its role in the development of geological sciences). Saint Petersburg: Nauka, 1992, 334 p.

8. Srebrodolskij B. I. *Geologicheskoe stroenie i zakonomernosti razmeshcheniia mestorozhdenii yantaria SSSR* (Geologic structure and patterns of placing of deposits of the USSR amber). Kiev: Naukova dumka, 1984, 166 p.

9. Trofmov V. S. *Yantar* (Amber). Moscow: Nedra, 1974, 183 p.

10. Shafranovsky I. I. *Chto my znaem o yantare?* (What do we know about amber?) Proceedings of PMS, 1973, V. 102, No. 1, pp. 125—126.

11. Yushkin N. P., Bushnev D. A., Shanina S. N. *Iskopaemye smoly Severnoi Evrazii* (Fossil resins of Northern Eurasia). Vestnik IG Komi SC UB RAS, 2006, No. 11, pp. 2—5.

12. Beck C. W., Wilbur E., Meret S. Infrared spectra and the origin of amber. Nature, 1964, V. 201, pp. 256—257.

13. Beck C. W. Physical methods used to determine the geological origin of amber and other fossil resins; Some critical remarks: Comment. Phys. Chem. Minerals, 1982, No. 8, pp. 146—147.

14. Savkevich S. S., Arua I. Amekit — a new fossil resin from Nigeria. The Sixth Meeting on Amber and Amber-bearing Sediments (20—21 October 1988, Warsaw). Warsaw, Muzeum Ziemi PAS, 1988, pp. 27.

15. Schwochau R., Haeevernik T. E., Anker D. Zur infrarotspektroskopischen herkunfsbestimmung von Bernstein. Jb. Rom.-Germ. Zentralmus, Mainz, 1964, No. 10, pp. 171—176.

Поступила в редакцию / Received 24.11.2020

УДК 549 (929) DOI: 10.19110/geov.2020.11.4

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИСТОРИИ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ НАУЧНОГО СООБЩЕСТВА ПО ИЗУЧЕНИЮ ИСКОПАЕМЫХ РИФОВ В СССР И РОССИИ

В. Г. Кузнецов*

РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, Москва; vgkuz@yandex.ru

Проанализирована история изучения ископаемых рифов на различных тематических совещаниях и полевых геологических сессиях, а также в основных публикациях по этой проблеме начиная с середины 60-х годов прошлого века. Отмечена роль конкретных исследователей в развитии рифовой тематики.

Ключевые слова: *рифы, совещания, палеоэколого-литологические сессии, геологические экскурсии.*

SOME ASPECTS OF THE HISTORY OF FORMATION AND DEVELOPMENT OF THE SCIENTIFIC COMMUNITY FOR STUDYING OF FOSSIL REEFS IN THE USSR AND RUSSIA

V. G. Kuznetsov*

I. M. Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow

We analyzed the history of the fossil reefs study expressed in various thematic conferences and accompanying field geological sessions, general publications on this problem, starting from the mid-60s of the last century. The role of individual researchers in the development of the reef theme is noted.

Keywords: *reefs, meetings, paleoecological-lithological sessions, geological excursions.*

Введение

Ископаемые рифы были известны и описаны в России по крайней мере с середины позапрошлого века. Так, в 1865 г. Г. В. Абих установил рифовую природу мшанковых известняков Таманского и Керченского полуостровов. Позднее, в самом начале двадцатого столетия, ископаемые мшанковые рифы этих районов были подробно исследованы академиком Н. И. Андрусовым, труды которого в виде трех выпусков были опубликованы в 1909—1912 гг. на немецком языке и лишь в 1961 г. на русском в первом томе избранных трудов [2]. В первой четверти двадцатого столетия ископаемые рифы были изучены и описаны на Урале и северо-востоке Восточно-Европейской платформы. Это работы Ф. Н. Чернышева, Н. Н. Яковлева, В. А. Варсанофьевой и многих других геологов. Интерес к подобным образованиям возрос, когда в апреле 1929 г. у села Верхнечусовские Городки Предуральского краевого прогиба скважина, заложенная профессором Н. И. Преображенским для оконтуривания южной границы распространения калийных солей, вскрыла нижнепермский риф, из которого был получен фонтан нефти. Это, по сути, положило начало открытию и становлению новой нефтегазоносной провинции СССР — второго Баку. Правда, вскоре уже на платформе были обнаружены более крупные месторождения и интерес нефтяников к рифам существенно снизился. Следующий подъем интереса произошел во второй половине и конце пятидесятых годов XX века, когда были открыты месторождения углеводородов, в том числе крупные, в юрских рифах Бухаро-Хивинской провинции (Западный Узбекистан), девонских Тимано-Печорской и Волго-Уральской провинций.

Правда, при этом возникла парадоксальная ситуация: любые карбонатные органогенные по структуре отложения объявлялись рифами, в то время как непродуктивные рифы из категории рифов вообще исключались. К примеру, залежи нефти в слоистых отложениях нижней перми Тимано-Печорской провинции объявлялись рифовыми, хотя один из важнейших показателей рифов как объектов геоморфологических, а именно холмовид-

* Виталий Германович Кузнецов, член бюро Научного совета по проблемам литологии и осадочным полезным ископаемым при Отделении наук о Земле РАН (НС ЛОПИ), профессор РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина (г. Москва), является председателем оргкомитета совещаний «Геология рифов», проводимых в г. Сыктывкаре с 2001 г.

* Vitaly Germanovich Kuznetsov, Member of the Bureau of the Scientific Council on lithology and sedimentary minerals at the Department of Earth Sciences of the Russian Academy of Sciences, Professor at the Russian State University of Oil and Gas named after I. M. Gubkin (Moscow), Chairman of the Organizing Committee of «Geology of reefs» conferences, held in Syktyvkar from 2001.

Для цитирования: Кузнецов В. Г. Некоторые аспекты истории становления и развития научного сообщества по изучению ископаемых рифов в СССР и России // Вестник геонаук. 2020. 11(311). С. 35—45. DOI: 10.19110/geov.2020.11.4.

For citation: Kuznetsov V. G. Some aspects of the history of formation and development of the scientific community for studying of fossil reefs in the USSR and Russia. Vestnik of Geosciences. 2020. 11(311). P. 35—45. DOI: 10.19110/geov.2020.11.4.

ная форма, здесь отсутствует. Ярким примером обратной ситуации являются серпуховские рифы северного обрамления Донбасса. «... *В зоне Краснорецких сбросов, по данным бурения, литологическим и геоморфологическим признакам прогнозировалась цепочка рифогенных массивов (Сиротинская, Муратовская, Лобачевская площади и др.), однако только в некоторых скважинах из карбонатных пород были получены притоки УВ. Это поставило под сомнение рифогенную природу выделенных карбонатных тел, и вопрос о рифах или биогермах остался пока нерешенным*». [10, с. 37]. Всё просто, коротко и ясно: есть нефть — это риф, нет нефти — не риф.

Цель нашей статьи — проанализировать определенную этапность развития рифовой тематики, а также показать, как геологи разных специальностей, изучающие рифы, контактировали и общались друг с другом, организовывали совместные мероприятия, причем нередко вне каких-либо официальных структур и тем более централизованного финансирования.

Организация литолого-палеоэкологических исследований

Соответствующие тематики по изучению рифовых образований представлены в ряде научно-исследовательских организаций. Изучены и описаны рифы во многих районах Советского Союза, в том числе весьма подробно — на Урале и Приуралье [33—35]. Параллельно активизировалась работа и, если можно так выразиться, по чисто научной академической тематике, причем нередко вне основных утвержденных научных планов и программ.

Одним из ярких проявлений этого была идея организации полевых литолого-палеоэкологических сессий, выдвинутая выдающимся геологом, палеонтологом, одним из создателей нового направления в мировой науке — палеоэкологии, активным сторонником координации и синтеза отдельных разделов геологии Романом Федоровичем Геккером. Эти сессии были организованы Палеонтологическим институтом Академии наук СССР совместно с Институтом геологии Академии наук Эстонской ССР. Целью сессий было показать палеонтологам и литологам на примерах разновозрастных геологических объектов важность палеоэкологических, и особенно комплексных палеоэкологических и литологических исследований. В результате проведения двух первых литолого-палеоэкологических сессий в 1962 и 1963 гг. появилась книга «*Организм и среда в геологическом прошлом*» [36], являющаяся естественным завершением работ указанных сессий, которыми было положено начало таких мероприятий в нашей стране. Уже третья сессия, проведенная с 8 по 22 августа 1965 г. на Урале Институтом геологии Уральского филиала Академии наук СССР, была полностью посвящена ископаемым рифам. По ее результатам была опубликована книга «*Ископаемые рифы и методика их изучения*» [20].

Образование неформальной рифовой комиссии

Следующая, четвертая, палеоэколого-литологическая полевая сессия проходила в сентябре 1966 г. в Крыму и Молдавии и включала изучение мезозойских и кайнозойских рифов и других органогенных построек (рис. 1—3). В результате знакомства с различными типами подобных образований, общетеоретическими вопросами рифообразования сложился неформальный коллектив, группа энтузиастов, неофициальная *рифовая комиссия, куда вошли*: И. А. Антропов, Н. С. Бендукидзе, Р. Ф. Геккер (председатель), И. Т. Журавлева, И. К. Королюк, Е. В. Краснов, И. Н. Крылов (секретарь), В. Г. Кузнецов, В. П. Маслов, М. В. Михайлова, Х. Э. Нестор, А. И. Равикович, В. М. Рейман, В. С. Саянов, Г. А. Смирнов, Д. Ф. Шамов, О. А. Щербаков. Прежде всего рифовой комиссией было подготовлено и опубликовано решение прошедшей четвертой литолого-палеоэкологической сессии [37], где были сформулированы основные понятия: рифостроители и рифолюбы, органогенная постройка, биостром, биогерм, ископаемый риф и др. Позднее коллективом авторов, состоящим практически из членов этой комиссии, была подготовлена и издана книга «*Ископаемые органогенные постройки, рифы, методы их изучения и нефтегазоносность*» [23].

В 1973 и 1978 гг. в Эстонии (рис. 4, 5) были проведены геологические совещания и полевые экскурсии по литологии и геохимии карбонатных отложений, включая рифовые образования [44]. Деятельность комиссии в той или иной форме способствовала организации различных форм обсуждения рифовой проблематики. Так, в марте 1973 г. была организована и проведена посвященная рифам двухдневная сессия секции осадочных пород МОИП, материалы которой позднее были опубликованы [32]. Были подготовлены и изданы ряд монографий, выполненных как в порядке личной инициативы, так и согласно планам работ, в том числе академических институтов [24—26 и др.].

В 1983 г. была организована двухдневная сессия секции осадочных пород совместно с секцией палеонтологии МОИП, на которой было представлено 9 сообщений с рифовой тематикой. Идея была поддержана академиком Б. С. Соколовым, и это мероприятие состоялось осенью в Душанбе. Рифовая тематика «овладевала массами», и было предложено в программу очередного Всесоюзного совещания по кораллам включить, возможно в виде отдельной секции, серию докладов по рифам [42]. По общему мнению всех участников, подобное расширение тематики оказалось интересным и весьма полезным. Позднее материалы этого совещания были опубликованы [43].

Рифовая комиссия инициировала подготовку и издание специального терминологического словаря-справочника по рифовой тематике. После появления информации о подготовке справочника принять участие в работе изъявило большое число геологов, что, естественно, резко расширило первоначальный словник и список терминов, не всегда относящихся к тематике, определило разный стиль изложения и т. д. Изначально мыслилось создать, если можно так выразиться, сугубо нейтральное и объективное издание — привести некоторый набор цитат (именно цитат, чтобы не было разночтений и недопонимания) разных авторов по данному конкретному термину и затем дать краткий комментарий и сформулировать на этой основе некоторое общее определение в качестве рекомендуемого к употреблению.

Естественно, реальность внесла свои коррективы. Во-первых, издательские правила последних лет Советского Союза определили полное «раскавычение» и ори-



Рис. 1. Лекция по геологии Крыма руководителя IV палеоэколого-литологической полевой сессии Е. В. Краснова (Крымская геологическая экспедиция), 1966 г. (1). На фото отмечены члены рифовой комиссии (1, 4, 5, 9, 11) и участники, которых удалось распознать: 2 — Т. Н. Бельская (ПИН), 3 — А. И. Осипова (ПИН), 4 — И. К. Королюк (ИГИРГИ), 5 — М. В. Михайлова (ВНИГНИ), 6 — Г. А. Смирнов (ИГиГ УРО АН СССР), 7 — М. С. Швецов (ГИН), 8 — Н. К. Юнусов (БашНИИ), 9 — В. Г. Кузнецов, 10 — П. А. Софроницкий (ПГУ, Пермь), 11 — О. А. Щербаков (ППУ, Пермь), 12 — О. С. Вялов (академик УкрАН), 13 — Б. Т. Янин (МГУ)

Fig. 1. Lecture on the geology of the Crimea by the head of the 4th paleoecological-lithological field session E. V. Krasnov (Crimean geological expedition), 1966 (1). The photo shows the members of the reef commission (1, 4, 5, 9, 11) and the participants who were identified: 2 — T. N. Belskaya (PIN); 3 — A. I. Osipova (PIN); 4 — I. K. Korolyuk (IGIRGI); 5 — M. V. Mikhailova (VNIGNI); 6 — G. A. Smirnov (IGiG URO, USSR AS); 7 — M. S. Shvetsov (GIN); 8 — N. K. Yunusov (BashNII); 9 — V. G. Kuznetsov; 10 — P. A. Sofronitsky (PSU, Perm); 11 — O. A. Shcherbakov (PPU, Perm); 12 — O. S. Vyalov (Academician of UkrAS); 13 — B. T. Yanin (Moscow State University)



Рис. 2. Рабочий момент на IV Палеоэколого-литологической полевой сессии. Крым, 1966 г. В центре: М. С. Швецов, Р. Ф. Геккер (стоит) и Г. А. Смирнов

Fig. 2. Episode at the 4th paleoecological-lithological field session. Crimea, 1966. In the center of: M. S. Shvetsov, R. F. Hecker (standing) and G. A. Smirnov



Рис. 3. Рабочий момент на IV палеоэколого-литологическая полевой сессии. Крым, 1966 г. Р. Ф. Геккер (председатель рифовой комиссии), за ним слева Д. Ф. Шамов (член рифовой комиссии)

Fig. 3. Episode at the 4th paleoecological-lithological field session, Crimea, 1966. R. F. Gecker (Chairman of Reef Commission), behind him to the left D. F. Shamov (member of Reef Commission)

гинальные тексты в ряде случаев превратились в пересказ сути определения. Во-вторых, те же правила обусловили резкое сокращение списка использованной литературы, что, может быть, к счастью, скрыло не совсем точное, опять-таки после руки редактора, цитирование. Наконец, в-третьих, даже после отсеивания многих первично заявивших о своем участии, но не приславших никаких материалов, коллектив авторов оказался все же достаточно широк — 17 специалистов от крайнего запада до крайнего востока нашей немаленькой страны: из Калининграда, Ленинграда, Москвы, Свердловска, Новосибирска и Владивостока, что, естественно, определило очень разный стиль изложения. В итоге, несмотря на все сложности, удалось все же реализовать и опубликовать справочник под названием «*Современные и ископаемые рифы. Термины и определения*» [41]. Далеко не все, что задумывалось и намечалось в начале, удалось воплотить в данном справочнике, но книга вызвала, в общем, положительную реакцию [18].



Рис. 4. Обзор ваазалемских органогенных построек. Эстония, 1972 г. В. Г. Кузнецов (стоит боком); Ю. Н. Карагодин (ИГиГ СО АН СССР)

Fig. 4. Inspection of Vaazalem organogenic structures, 1972, Estonia. 1 — V. G. Kuznetsov; 2 — Yu. N. Karagodin (IGiG SB AS USSR)



Рис. 5. Осмотр керна карбонатных отложений. Эстония, 1972 г.

Fig. 5. Inspection of the core of carbonate deposits, 1972, Estonia.

Формирование национальной рабочей группы СССР Международного общества по изучению рифов — рифового комитета

Именно после интенсивной работы неофициальной рифовой комиссии появилась возможность определенным образом «легализовать» и официально оформить соответствующую группу. При Комиссии по проблемам Мирового океана АН СССР был создан рифовый комитет, председателем которого был утвержден академик Б. С. Соколов, его заместителем — В. Г. Кузнецов и ученым секретарем — В. Н. Космынин. Под эгидой этого комитета был поведен ряд мероприятий.

В 1985 г. в городе Карши Узбекской ССР на базе ПГО «Узбекнефтегазразведка» было организовано крупное Всесоюзное совещание по геологии и нефтегазоносности рифов. В сборнике материалов к совещанию было 109 тезисов докладов, из которых 51 был заслушан на пленарных заседаниях и секциях, 63 были представлены в виде стендовых сообщений [17]. В продолжение заложенных Р. Ф. Геккером традиций после заседаний была организована полевая часть с посещением и осмотром верхнеюрского рифа Гаурдак, которая проходила под руководством В. С. Лучникова. Работа совещания широко освещалась местной прессой — газетой «Каширская правда».

Шестой симпозиум по ископаемым кораллам и рифам (теперь уже «и рифам») был проведен в 1987 г. во Владивостоке под общим названием «Современные и древние рифовые системы». В подготовленном к заседанию сборнике материалов было 69 сообщений [41]. Причем, что очень важно, практически впервые многие участники-специалисты по ископаемым сооружениям познакомились с геологией, биотой, литологией и строением современных, точнее голоценовых, рифов.

Возобновление палеэколого-литологических сессий

В продолжение и развитие работы Р. Ф. Геккера в системе АН СССР при ИГИГ СО АН СССР под председательством В. А. Захарова была организована Комиссия по палеоэкологии, которая вместе с ИГ БашНЦ УрО АН СССР, объединением «Башнефть», БашнефтьНИПИ, ИГИРГИ и ИГиГ СО АН СССР организовала и в 1989 г. провела палеоэколого-литологическую сессию, полностью посвященную изучению рифов [38]. Ее участники посетили нижнепермские рифы — горы-одиночки (шиханы) района г. Стерлитамак на Среднем Урале (рис. 6). Руководили маршрутом крупнейшие специалисты — И. К. Королюк и И. А. Щекотова, которые подготовили специальный путеводитель по данному объекту [22]. На сессии была отмечена роль Р. Ф. Геккера в разработке основ палеоэколого-литологического метода исследований, организации и проведении соответствующих палеоэколого-литологических сессий, а также роль одного из первых многолетних и плодотворных исследователей этих объектов Д. Ф. Шамова. Судя по приложенному к решению сессии списку, среди 56 ее участников были председатель стерлитамакского горсовета А. И. Бурма и его заместитель И. Х. Хафизов. Участники сессии обратились в соответствующие органы с ходатайством о включении гор-одиночек Тратау и Юрактау в список уникальных природных памятников всесоюзного значения, что с некоторой корректировкой в итоге и было принято.

В июне 1991 г. в Свердловске состоялось два мероприятия, на котором в том числе рассматривалась рифовая тематика: школа-семинар «Карбонатные формации и условия их образования» [21] и 7-й Всесоюзный симпозиум по ископаемым кораллам и рифам [18].

Новый этап развития рифовой тематики — «Геология рифов»

После событий 1991 г. и ликвидации Советского Союза как единого государства различные организационные мероприятия в области науки были резко сокращены, однако потребность собираться, заслушивать сообщения коллег, обсуждать, что сделано не только в области геологии рифов, но и в более широком плане, не исчезла. Это настоятельно требовало организации соответствующих встреч. Инициатива в этом плане была проявлена в Институте геологии Коми научного центра УрО РАН, а конкретно она принадлежала сотруднице этого



Рис. 6. Участники палеоэколого-литологической полевой сессии на Стерлитамакских шиханах, 1989 г.

Fig. 6. Participants of a paleoecological-lithological field session at Sterlitamak shikhans, 1989

института А. И. Антошкиной, которую поддержал директор института академик Н. П. Юшкин. А. И. Антошкина много и плодотворно работала в области изучения рифов северо-востока Восточно-Европейской платформы и прилегающих районов Урала, участвовала в ряде палеоэколого-литологических сессий, и ее интерес к этой проблеме вполне закономерен. Но кроме интереса это была большая и трудоемкая работа, с которой Анна Ивановна и сотрудники ее лаборатории прекрасно справились.

Первое совещание в Сыктывкаре проходило с 5 по 7 июня 2001 г. под эгидой Межведомственного литологического комитета и одновременно включало Восьмой симпозиум по ископаемым кораллам и рифам. Тематика совещания была достаточно представительна и разнообразна: обсуждались вопросы литологии и геохимии карбонатных отложений в целом, их нефтегазоносность и — как одна их специфическая часть — проблемы рифообразования. В подготовленном к совещанию сборнике материалов [31] было представлено 127 тезисов, из которых 30 сообщений касались непосредственно рифов. На заседаниях было заслушано 48 докладов и 23 были представлены на стендах.

Кроме этого, были проведены круглые столы, где в неформальной и свободной для дискуссий форме были обсуждены две важные проблемы — принципы и схемы классификации карбонатных пород, а также геологический язык и термины, используемые при изучении и описании карбонатных отложений. В решениях совещания, в частности, была отмечена роль биоса и, что особенно важно, микробных сообществ в карбонатонакоплении и необходимость исследования эволюции карбонатонакопления как элемента общей эволюции геологических процессов в истории Земли. Очень важной составной частью этой встречи литологов было проведение под руководством Н. В. Беляевой полевой геологической экскурсии по изучению фаций верхнего девона на Южном Тимане, включая стратотип доманикового горизонта, и посещение уникального объекта — шахты в районе г. Ухта, где разрабатывается нефтяная залежь.

Весьма представительной стала конференция в июле 2005 г., которая была полностью посвящена рифам и имела международный статус — International Symposium Geology of Reefs [13]. Кроме российских специалистов в ней приняли участие геологи стран Содружества: Украины, Белоруссии, Казахстана, Узбекистана — а также Польши, Монголии и Китая. Хотя в числе организаторов традиционно числился Национальный комитет по изучению рифов, последний к тому времени уже не функционировал и основным организатором был Институт геологии Коми НЦ и Межведомственный литологический комитет в лице секции литологии карбонатных отложений. К сожалению, идея создать некий организационный орган по рифовой тематике в форме секции «Рифы и их нефтегазоносность» при Совете по нефти и газу РАН поддержки не получила.

На пленарных заседаниях было заслушано 29 докладов, на четырех секциях — 51 и в качестве стендовых было заявлено 31 сообщение. В работе сессии приняли участие 74 специалиста из 31 научной, учебной и производственной организации. На этой конференции работали специальные тематические секции: общие проблемы рифообразования; литофациальная и палеонтологическая характеристики органогенных сооружений; рифовые комплексы и связанные с ними полезные ископаемые; комплексная интерпретация рифов по сейсмическим и скважинным данным. На заседаниях были обсуждены достаточно общие проблемы: эволюция карбонатонакопления и рифообразования как элементы общей эволюции биосферы и геологических процессов в частности, проблемы использования рифов в комплексном изучении геологического строения и развития конкретных регионов и Земли

в целом. Отмечена интересная особенность: в современных по сути, кайнозойских океанах рифы широко развиты, в том числе в центральных областях, в то время как на всех палеогеографических реконструкциях мезозоя и палеозоя рифы соответствующих возрастов локализованы практически только вблизи континентов. Между тем океаны Панталласа, Палеотетис и Тетис, точнее их центральные части, свободны от рифов. На совещании была поставлена задача и, в сущности, была начата разработка серии моделей строения природных резервуаров рифовых месторождений углеводородов, а также было предложено продолжить работы в этом направлении.

Важной составной частью этой сессии было, как и ранее, проведение двух полевых экскурсий, участники которых ознакомились с рядом разрезов Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции: до совещания (рис. 7) под руководством Д. Хипели и В. Чупрова — с разнофациальными верхнедевонскими отложениями Южного Тимана [11], а после совещания (рис. 8) под руководством А. И. Антошкиной и В. А. Салдина — с верхнеордовикскими, венлокско-лудловскими и верхнекаменноугольно-нижнепермскими органогенными сооружениями Приполярного Урала [52].

Следующее совещание, в июле 2010 г. (рис. 9), как и ранее, кроме непосредственно рифовой тематики включало еще один, строго говоря, не только рифовый, но и более общий аспект, а именно литологию карбонатных псефитолитов — далеко не самую распространенную, но тем более интересную группу грубообломочных пород карбонатного состава [39]. На пленарном и секционных заседаниях было заслушано и обсуждено 49 докладов, в виде стендовых еще 38 сообщений. Кроме пленарных заседаний было организовано проведение четырех секций с более конкретной тематикой: 1) рифы как объект все-



Рис. 7. Участники полевой экскурсии по верхнедевонским отложениям Южного Тимана, 2005 г.

Fig. 7. Participants of a field trip on the Upper Devonian deposits of South Timan, 2005



Рис. 8. Обсуждение участниками полевой экскурсии строения силурийского рифа на р. Кожым. Приполярный Урал, 2005 г.

Fig. 8. Discussion by the field trip participants of the structure of the Silurian reef at the Kozhym River, Subpolar Urals, 2005



Рис. 9. Момент дискуссии на секционном заседании совещания «Геология рифов», 2010 г.

Fig. 9. Moment of discussion at the session on the «Geology of Reefs» Conference, 2010

стороннего изучения; 2) палеоэкологическая характеристика органогенных сооружений и связанных с ними отложений; 3) карбонатные псефитолиты, их характеристика, закономерности распространения и образования; 4) рифы и нефтегазоносность. По сложившейся хорошей традиции были проведены полевые геологические экскурсии и подготовлены их путеводители: под руководством Е. С. Пономаренко, В. С. Цыганко и П. А. Безносова — по верхнедевонским рифам Южного Тимана и под руководством А. И. Антошкиной и В. А. Салдина — по верхнепалеозойским органогенным сооружениям и карбонатным псефитолитам Приполярного Урала (рис. 10).



Рис. 10. Полевая экскурсия по органогенным сооружениям и карбонатным псефитолитам палеозоя Приполярного Урала, 2010 г. Участники изучают пограничные слои карбона и перми в органогенном сооружении типа скелетного холма

Fig. 10. Field trip on Paleozoic organogenic structures and carbonate psephitolites of the Subpolar Urals, 2010. The participants are studying boundary layers of the Carboniferous and Permian in an organogenic structure of the skeletal mound type

В решениях была подтверждена рекомендация предыдущего совещания инициировать разработку методики определения более точного палеогеографического положения рифов в мезозойских и палеозойских океанах, что позволит получить дополнительные сведения об океаническом рифообразовании и одновременно более детально охарактеризовать и сами палеоокеаны. Было признано целесообразным расширить изучение рифовых экосистем в их взаимосвязи с общей эволюцией био- и геосфер, организовать более широкое обсуждение не только нефтегазоносности, но и рудоносности рифов.

Спустя 5 лет, 15—17 июня 2015 г., в Сыктывкаре было организовано и проведено очередное, уже четвертое, совещание по геологии рифов. В его работе приняли участие 85 человек, причем в сборнике материалов [14] было опубликовано 70 тезисов, непосредственно на заседаниях заслушано 45 докладов и 33 сообщения было представлено на стендах. Кроме пленарного заседания было организовано 4 секции: литолого-фациальная диагностика органогенных сооружений; комплексный анализ областей рифообразования; микробные карбонаты и бактериальный литогенез; палеоэкологические и геохимические аспекты органогенных сооружений. Как и ранее, кроме непосредственно рифовой тематики ряд сообщений был посвящен общим вопросам карбонатной литологии, в частности роли микробных сообществ в карбонато- и рифообразовании. По доброй традиции под руководством Е. С. Пономаренко и Т. В. Антоновской была организована полевая экскурсия по верхнедевонским рифам Южного Тимана.

Важным нововведением этого совещания было проведение молодежной школы, где вначале были представлены доклады известных ученых — В. А. Жемчуговой «Технология прогноза структуры и свойств рифовых резервуаров», В. И. Силаева «Несколько примеров из опыта изотопно-геохимических исследований горных пород: углерод, кислород, азот» и других, а затем заслушаны сообщения ряда молодых исследователей.

В решениях было предложено следующее совещание посвятить проблеме эволюции рифообразования с рассмотрением серии вопросов: изменение рифостроящей и рифолюбивой биоты, морфологических типов построек, палеотектонического, палеогеографического и палеоклиматического положения в меняющихся палеодинамических условиях.

Отдельным пунктом было записано предложение обратиться в Президиум РАН с просьбой обсудить вопрос о сохранении уникального геологического и природного объекта — пермского рифа-шихана Куштау. В свое время подобное обращение научной общественности обусловило соответствующее постановление Совета министров Башкортостана по шиханам Юрактау и Тратау, где предлагалось расширить природный объект, включив риф Куштау. Надо с сожалением отметить, что с реализацией рекомендаций получилось, мягко говоря, не очень хорошо, а по некоторым пунктам был полный конфуз. Во-первых, в вопросе об охране шиханов района г. Стерлитамака как памятников природы оказалось перепутано название объекта — вместо шихана Куштау был обозначен шихан Шахтау, который к тому времени был практически срыт, и охранять, по сути дела, было нечего. Во-вторых, и это важнее — не было предпринято никаких действий по подготовке соответствующих документов и передаче их по инстанциям. Но времена меняются, шихан Шахтау, разрабатываемый Башкирской содовой компанией, как было отмечено выше, был срыт, «на месте горы высокой образовалась яма глубокая», и компания решила начать разработку известняков шихана Куштау. Судя по сообщениям прессы, жители Стерлитамака выступили в защиту этого уникального образования — памятника природы, что широко освещалось не только местной прессой. При этом выяснилось, это данный шихан не только геоморфологический и геологический памятник, но и место обитания эндемичных форм фауны и флоры. Соответствующий протест поддержали и ряд известных деятелей общероссийского масштаба.

Удивительные, однако, случаются совпадения. Именно во время написания настоящей статьи вновь

возникла отмеченная выше проблема шихана Куштау. В настоящий момент она, кажется, решается в благоприятном направлении (подробнее об этом см. ст. И. Э. Жилина // Новая газета. 2020. № 88, 90, 92, 94) .

Как правило, предложения сыктывкарских совещаний более или менее реализовывались. Но к очередному совещанию в июне 2020 г. ситуация кардинально поменялась — вмешалась пандемия коронавируса. Многие планы пришлось срочно менять. Было принято решение все мероприятия разделить во времени: саму сессию с докладами, как и предполагалось, провести в июле, а полевые экскурсии и молодежную секцию перенести на следующий год.

Программа совещания была сформулирована достаточно широко и включала 6 направлений (тематик): 1) основные понятия и диагностические критерии органогенных сооружений; 2) биологическое разнообразие и эволюция рифовых экосистем; 3) генетическое разнообразие органогенных сооружений; 4) микробные карбонаты как компоненты органогенных сооружений; 5) роль микробиоты и флюидов в формировании карбонатных построек; 6) комплексный анализ областей рифообразования.

На участие в конференции было подано 112 заявок из 33 организаций, причем не только российских. Сама сессия в условиях определенного карантина проходила в формате видеоконференции. Организаторы провели огромную техническую работу, обеспечившую возможность проведения совещания в такой форме. Одновременно была существенно скорректирована сама программа. В первый день на пленарной сессии было заслушано 13 сообщений, во второй день — 31 доклад при достаточно жестком регламенте. В рамках молодежной сессии прозвучали обстоятельные, очень важные и интересные лекции В. И. Силаева «Изотопы углерода и кислорода в карбонатах: генетическая информативность в геологии и геохронологии» и И. Г. Добрецовой «Подводные вулканы и жизнь». К сожалению, практический и очень важный, причём не только для молодых исследователей, запланированный в рамках сессии семинар «Разнообразие генетических типов пород органогенных сооружений» пришлось перенести на более благоприятное время.

В результате проведения видеосовещания выявились как положительные, так и отрицательные моменты. Некоторым докладчикам, особенно тем, кому, выражаясь современным языком, 65+, сложно было выступать, не имея визуального контакта со слушателями, не чувствуя реакции аудитории, без эмоционального взаимодействия, что в ряде случаев негативно повлияло на стиль выступления в целом. Второе удручающее обстоятельство — отсутствие живого, личного контакта в кулуарах, в узком кругу, даже один на один, обсуждения интересующих вопросов. Безусловным положительным моментом была широкая аудитория слушателей — их было зарегистрировано более 400, что практически не достижимо при личном участии в подобных мероприятиях.

Возможности современной техники полезно учитывать при организации мероприятий подобного рода — наряду с традиционной формой и личным присутствием докладчика и слушателей и живом обсуждении целесообразно организовывать по возможности и трансляцию, что очень существенно расширит аудиторию подобных совещаний.

Следует отметить, что все проводимые в Сыктывкаре, а частично и в других городах, мероприятия находили отклик в местной и в общегосударственной научной периодике [5—7, 15, 27—30, 40, 45—47, 49,50 и др.].

Заключение

Завершая анализ разных этапов развития рифовой тематики, хотелось бы подчеркнуть, что все типы ее общественного обсуждения, проведения совещаний и полевых экскурсий/сессий возможны были благодаря инициативе самих специалистов — «рифолюбов» — при той или иной поддержке административных органов. В этой связи особо хотелось бы отметить деятельность сотрудников Института геологии Коми НЦ УрО РАН в последнее двадцатилетие уже в XXI столетии.

Конечно, на территории Республики Коми, включающей западный склон севера Урала, рифы широко развиты. Они имеют длительную историю изучения, детально исследуются, в том числе в связи с их нефтегазоносностью [1, 3—5, 8, 12, 48 и многие другие]. Но подобные объективные обстоятельства, равно как и наличие нефтегазоносных рифов, имеются и в других регионах России. Однако столь целенаправленного, детального и успешного изучения их в других районах, к сожалению, не отмечается, никто и нигде не берется организовывать и проводить подобные мероприятия. И тут нельзя не отметить субъективный фактор: в Институте геологии работают люди, увлеченные проблемой, и результат, как говорится, налицо.

Можно с полным правом говорить о том, что центр научных работ по геологии рифов, и даже шире — исследования по литологии карбонатных отложений в целом — явно смещаются из крупных научных центров нашей страны — Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска и других городов в Коми республику, и конкретно в Институт геологии. Основная заслуга в этом увлеченных данной тематикой сотрудников института: А. И. Антошкиной, В. А. Салдина, А. Н. Сандулы, Е. С. Пономаренко, Н. А. Матвеевой, Л. А. Шмелевой и других. Их усилия и устремления всегда, начиная с академика Н. П. Юшкина, поддерживались руководством института. Надо также отметить, что научные интересы и исследования этих ученых не ограничиваются только рифами: на совещаниях, равно как и в самой лаборатории литологии, разрабатываются самые современные направления, такие, например, как проблема микробных и глубоководных карбонатов и др.

Считаю своей приятной обязанностью поблагодарить сотрудников лаборатории литологии Института геологии Коми НЦ УрО РАН за помощь в издании настоящей статьи и предоставленные иллюстрации.

Литература

1. *Агафонова Г. В., Михайлова М. В.* Литофациальные особенности нижнепермских нефтегазоносных рифогенных отложений на севере Тимано-Печорской провинции // Рифогенные зоны и их нефтегазоносность. М.: ИГиРГИ, 1991. С. 157—165.

2. *Андрусов Н. И.* Ископаемые мшанковые рифы Керченского и Таманского полуостровов // Андрусов Н. И. Избранные труды. Изд-во АН СССР. 1961. Т. 1. С. 395—540.

3. *Антошкина А. И.* Рифы в палеозое Печорского Урала. СПб.: Наука, 1994. 154 с.

4. *Антошкина А. И.* Рифообразование в палеозое. Север Урала и сопредельные области. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 303 с.

5. *Антошкина А. И.* Успехи и проблемы изучения рифов: результаты Международного совещания «Геология рифов» // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар: Геопринт, 2005. С.13—14.

6. *Антошкина А. И.* Новые идеи и старые проблемы в изучении рифов. Результаты Всероссийского литологического совещания «Рифы и карбонатные псефитолиты» // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2010. № 7. С. 18—2012.

7. *Антошкина А. И.* Геология рифов — 2015 // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2015. № 6. С. 40—43.

8. *Беляева Н. В., Корзун А. Л., Петрова Л. В.* Модель седиментации франко-турнейских отложений на северо-востоке Европейской платформы (в связи с формированием рифовых резервуаров). СПб.: Наука, 1998. 154 с.

9. *Богацкий В. И., Жемчугова В. А.* Система рифогенных образований Тимано-Печорской провинции и их нефтегазоносность // Наследие А. Я. Кремса в трудах ухтинских геологов. Сыктывкар, 1992. С. 97—115.

10. *Вакарчук С. Г., Мачулина С. А.* Некоторые особенности раннекаменноугольного рифообразования в Днепровско-Донецком палеорифте // Геология рифов: Материалы международного совещания. Сыктывкар: Геопринт, 2005. С. 37.

11. *Валяева О., Сачук Г., Чупров В., Хипели Д. Е.* Ухтинские сказания // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2005. С. 16—17.

12. *Вассерман Б. Я., Матвиевская Н. Д., Соломатин А. В.* Верхнедевонский карбонатный комплекс — новый перспективный объект в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции // Геология нефти и газа. 1978. № 8. С. 10—14.

13. *Геология* рифов: Материалы международного совещания. Сыктывкар: Геопринт, 2005. 238 с.

14. *Геология* рифов: Материалы Всероссийского литологического совещания. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2015. 180 с.

15. *Геология* рифов и их нефтегазоносность // Тезисы докладов Всесоюзного совещания. Карши, 1985. 186 с.

16. *Журавлева И. Н., Космынин В. Н., Кузнецов В. Г.* Современные и ископаемые рифы. Термины и определения. М.: Недра, 1990. 184 с.

17. *Ивановский А. Б.* Полезная книга // Литология и полезные ископаемые. 1991. № 6. С. 140.

18. *Ивановский А. Б., Осипова А. И., Кузнецов В. Г. и др.* Рифогенные постройки в палеозое России. М.: Наука, 1997.

19. *Ископаемые* органогенные постройки и древние книдарии // Тезисы докладов 2-го Всесоюзного симпозиума по ископаемым кораллам и рифам. Свердловск: УрО РАН СССР, 1991. 101 с.

20. *Ископаемые* рифы и методика их изучения. Свердловск: ИГиГ УФ АН СССР, 1968. 252 с.

21. *Карбонатные* формации и условия их образования // Тезисы докладов Второй Всесоюзной школы-семинара. Свердловск: УрО СССР, 1991. 106 с.

22. *Королюк И. К., Щекотова И. А.* Путеводитель экскурсии по стерлитамакским шиханам — рифогенным образованиям раннепермского времени. М.: ИГиРГИ, 1989. 32 с.

23. *Королюк И. К., Михайлова М. В., Равикович А. И.* Ископаемые органогенные постройки, рифы, методы их изучения и нефтегазоносность. М.: Наука, 1975. 236 с.

24. *Кузнецов В. Г.* Основные черты геологии рифов и их нефтегазоносность. М.: ВНИИОЭНГ, 1971.60 с.

25. *Кузнецов В. Г.* Геология рифов и их нефтегазоносность. М.: Недра, 1978. 304 с.

26. *Кузнецов В. Г.* Палеозойское рифообразование на территории России и смежных стран. М.: ГЕОС, 2000. 228 с.

27. *Кузнецов В. Г.* Литология и нефтегазоносность карбонатных отложений // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2001. С. 8—10.

28. *Кузнецов В. Г.* О рифах и Совещании // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2005. № 8. С. 11—12.

29. *Кузнецов В. Г.* Итоги совещания «Геология рифов» // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2015. № 6. С. 43—44.

30. *Кузнецов В. Г., Лучников В. С.* Геология рифов и их нефтегазоносность // Литология и полезные ископаемые. 1987. № 1. С. 136—137.

31. *Литология* и нефтегазоносность карбонатных отложений: Материалы Второго Всероссийского литологического совещания и Восьмого Всероссийского симпозиума по кораллам и рифам. Сыктывкар: 2001: Геопринт, 262 с.

32. *Литология* и палеогеография биогермных массивов. М.: Наука, 1975. 199 с.

33. *Маслов В. П.* Геолого-литологическое исследование рифовых фаций Уфимского плато. Тр. ГИН АН СССР, 1950. Вып.118. 69 с.

34. *Наливкин В. Д.* Стратиграфия и тектоника Уфимского плато и Юрюзано-Сылвенской депрессии // Тр. ВНИГРИ. 1949. Вып. 46. 204 с.

35. *Наливкин В. Д.* Фации и геологическая история Уфимского плато и Юрюзано-Сылвенской депрессии. Тр. ВНИГРИ, 1950. Вып. 47. 127 с.

36. *Организм* и среда в геологическом прошлом / Под ред. Р.Ф. Геккера . М.: Наука, 1966. 267 с.

37. *Решение* Четвертой палеоэколого-литологической сессии, проходившей в Крыму и Молдавии в сентябре 1966. М.: ПИН АН СССР, 1968. 11 с.

38. *Решения* VII выездной Всесоюзной палеоэколого-литологической сессии «Пермские рифогенные образования Южного Урала». Новосибирск, 1989.11 с.

39. *Рифы* и карбонатные псефитолиты: Материалы Всероссийского литологического совещания. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2010. 216 с.

40. *Сандула В. Н.* Геология рифов // Вестник геонаук. 2020. № 7. С. 37—39.

41. *Современные* и древние рифовые системы: Тезисы докладов Шестого симпозиума по ископаемым книдариям и рифам. Владивосток: ДВО АН ССР, 1987. 86 с.

42. *Тезисы* докладов V Всесоюзного симпозиума по ископаемым кораллам и рифам. Душанбе: Дониш, 1983. 184 с.

43. *Фанерозойские* рифы и кораллы СССР: Тр. V Всесоюзного симпозиума по кораллам и рифам. Душанбе, 1983. М.: Наука, 1986. 232 с.

44. *Фации* и геохимия карбонатных отложений: Тезисы докладов. Л.;Таллин, 1973. 133 с.

45. *Юшкин Н. П., Антошкина А. И., Кузнецов В. Г., Сандула А. Н.* Геология рифов: Международное совещание (Сыктывкар, 2005) // Литология и полезные ископаемые. 2006. № 2. С. 217—218.

46. *Юшкин Н. П., Кузнецов В. Г., Антошкина А. И. и др.* Литология и нефтегазоносность карбонатных отложений // Литология и полезные ископаемые. 2002. № 2. С. 223—224.

47. *Япаскурт О. В.* О проблемах карбонатной седиментологии // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар: Геопринт, 2001. С. 11.

48. *Klimenko S. S., Anischenko L. A., Antoshkina A. I.* The Timan-Pechora sedimentary basin: Palaeozoic reef formation and petroleum systems // Geological Society, London, Memoirs 2011. Chapter 13. V. 35. P. 223—236.

49. *Kuznetsov V. G.* Carbonate Conference in Russia // IAS Newsletter. 2001. № 176. P. 3.

50. *Peryt T.* International Symposium «Geology of Reefs» Syktyvkar, Russia, July 4—6, 2005 // Epizodes, 2005. V. 28. № 4. p. 297.

51. *Peryt T.* International Symposium Geology of Reefs, Syktyvkar 2005 // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар: Геопринт, 2005. № 8. С. 15—16.

References

1. Agafonova G. V., Mikhailova M. V. *Litofatcialnye osobennosti nizhnepermskikh neftegazonosnykh rifogennykh otlozhenii na severe Timano-Pechorskoi provintcii. Rifogennye zony i ikh neftegazonosnost* (Litofacial features of the Lower Permian oil and gas bearing reef deposits in the north of the Timan-Pechora province In: Reefogenic zones and their oil and gas content). Moscow: IGiRGI, 1991, pp. 157—165.

2. Andrusov N. I. *Iskopaemye mshankovye rify Kerchenskogo i Tamanskogo poluostrovov* (Fossil bryozoan reefs of the Kerch and Taman peninsulas). Andrusov N. I. Selected Works, AS USSR, 1961, V. 1, pp. 395—540.

3. Antoshkina A. I. *Rify v paleozoe Pechorskogo Urala* (Reefs in the Paleozoic of the Pechora Urals). St. Petersburg: Nauka, 1994, 154 p.

4. Antoshkina A. I. *Rifoobrazovanie v paleozoe. Sever Urala i sopredelnye oblasti* (Reef formation in the Paleozoic. North of the Urals and adjacent regions). Ekaterinburg: UB RAS, 2003, 303 p.

5. Antoshkina A.I. *Uspehi i problemy izucheniia rifov: rezultaty Mezhdunarodnogo soveshchaniia "Geologiia rifov"* (Achievements and problems in the study of reefs: the results of the International meeting "Geology of reefs"). Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS, Syktyvkar: Geoprint, 2005, pp.13—14.

6. Antoshkina A. I. *Novye idei i starye problemy v izuchenii rifov. Rezultaty vserossiiskogo litologicheskogo soveshchaniia: "Rify i karbonatnye psefitolity"* (New ideas and old problems in the study of reefs. Proceedings of the All-Russian lithological meeting: "Reefs and carbonate psephitolites"). Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS, 2010, No. 7, pp. 18—2012.

7. Antoshkina A. I. *Geologiia rifov-2015* (Geology of reefs-2015). Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS, 2015, No. 6, pp. 40—43.

8. Beliaeva N. V., Korzun A. L., Petrova L. V. *Model sedimentatcii franko-turneiskikh otlozhenii na severo-vostoke Evropeiskoi platformy (v sviazi s formirovaniem rifovykh rezervuarov)* (Model of sedimentation of Frasnian-Tournaisian deposits in the northeast of the European platform (in connection with the formation of reef reservoirs)). St. Petersburg: Nauka, 1998, 154 p.

9. Bogatsky V. I., Zhemchugova V. A. *Sistema rifogennykh obrazovanii Timano-Pechorskoi provintcii i ikh neftegazonosnost* (System of reef formations of the Timan-Pechora province and their oil and gas content). *Nasledie A.Ya. Kremsa v trudakh ukhtinskikh geologov* (A.Ya. Krems heritage in the works of the Ukhta geologists). Syktyvkar, 1992, pp. 97—115.

10. Vakarchuk S. G., Machulina S. A. *Nekotorye osobennosti rannekamennougolnogo rifoobrazovaniia v Dneprovsko-Donetckom paleorifte* (Some features of Early Carboniferous reef formation in the Dnieper-Donets paleorift). Proceedings of conference. Syktyvkar: Geoprint, 2005, p. 37.

11. Valyaeva O., Sachuk G., Chuprov V., Hipeli D. E. *Ukhtinskie skazaniia* (Ukhta legends). Vestnik IG Komi SC UB RAS, 2005, pp. 16—17.

12. Vasserman B. Ya., Matvievskaia N. D., Solomatin A. V. *Verkhnedevonskii karbonatny kompleks — novy perspektivnyi obekt v Timano-Pechorskoi neftegazonosnoi provintcii* (Upper Devonian carbonate complex — a new perspective object in the Timan-Pechora oil and gas province). Geology of oil and gas, 1978, No. 8, pp. 10—14.

13. *Geologiia rifov* (Geology of reefs). Proceedings of conference. Syktyvkar: Geoprint, 2005, 238 p.

14. *Geologiia rifov* (Geology of reefs). Proceedings of conference. Syktyvkar: IG Komi SC UB RAS, 2015, 180 p.

15. *Geologiia rifov i ikh neftegazonosnost* (Geology of reefs and their oil and gas content). Proceedings of conference. Karshi, 1985, 186 p.

16. Zhuravleva I. N., Kosmynin V. N., Kuznetsov V. G. *Sovremennye i iskopaemye rify* Modern and fossil reefs. Terms and Definitions. Moscow: Nedra, 1990, 184 p.

17. Ivanovsky A. B. *Poleznaia kniga* (Useful book). *Litologiia i poleznye iskopaemye* (Lithology and mineral deposits), 1991, No. 6, p. 140.

18. Ivanovsky A. B., Osipova A. I., Kuznetsov V. G. et al. *Rifogennye postroyki v paleozoe Rossii* (Reefogenic buildups in the Paleozoic of Russia). Moscow: Nauka, 1997.

19. *Iskopaemye organogennye postroyki i drevnie knidarii* (Fossil organogenic buildups and ancient cnidarians). Proceedings. Sverdlovsk: UB AS USSR, 1991, 101 p.

20. *Iskopaemye rify i metodika ikh izucheniia* (Fossil reefs and methods of their study). Sverdlovsk: IGiG UB AS USSR, 1968, 252 p.

21. *Karbonatnye formatcii i usloviia ikh obrazovaniia* (Carbonate formations and conditions of their formation). Proceedings of conference. Sverdlovsk: UB AS USSR, 1991, 106 p.

22. Korolyuk I. K., Shchekotova I. A. *Putevoditel ekskursii po sterlitamakskim shihanam - rifogennym obrazovaniiam rannepermskogo vremeni* (Main features of reef geology and their oil and gas content). Moscow: IGiRGI, 1989, 32 p.

23. Korolyuk I. K., Mikhailova M. V., Ravikovich A. I. *Iskopaemye organogennye postroyki, rify, metody ih izucheniya i neftegazonosnost* (Fossil organogenic structures, reefs, methods of their study and oil and gas content). Moscow: Nauka, 1975.236 p.

24. Kuznetsov V. G. *Osnovnye cherty geologii rifov i ikh neftegazonosnost* (Main features of reef geology and their oil and gas content). Moscow: VNIIOENG, 1971, 60 p.

25. Kuznetsov V. G. *Geologiia rifov i ikh neftegazonosnost* (Geology of reefs and their oil and gas content). Moscow: Nedra, 1978, 304 p.

26. Kuznetsov V. G. *Paleozoiskoe rifoobrazovanie na territorii Rossii i smezhnykh stran* (Paleozoic reef formation in Russia and adjacent countries). Moscow: GEOS, 2000, 228 p.

27. Kuznetsov V. G. *Litologiia i neftegazonosnost karbonatnykh otlozhenii* (Lithology and oil and gas content of carbonate deposits). Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS, 2001, pp. 8—10.

28. Kuznetsov V. G. *O rifakh i soveshchanii* (About reefs and the Meeting). Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS, 2005, No. 8, pp. 11—12.

29. Kuznetsov V. G. *Itogi soveshchaniia "Geologiia rifov"* (Results of the meeting "Geology of reefs"). Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS, 2015, No. 6, pp. 43—44.

30. Kuznetsov V. G., Luchnikov V. S. *Geologiia rifov i ikh neftegazonosnost* (Geology of reefs and their oil and gas content). *Litologiia i poleznye iskopaemye* (Lithology and mineral deposits), 1987, No. 1, pp. 136—137.

31. *Litologiia i neftegazonosnost karbonatnykh otlozhenii* (Lithology and oil and gas content of carbonate deposits). Proceedings of conference. Syktyvkar: Geoprint, 2001, 262 p.

32. *Litologiia i paleogeografiia biogermnykh massivov* (Lithology and paleogeography of bioherm massifs). Moscow: Nauka, 1975, 199 p.

33. Maslov V. P. *Geologo-litologicheskoe issledovanie rifovykh fatcii Ufimskogo plato* (Geological and lithological study of reef facies of the Ufa plateau). Works of GIN AS USSR, 1950, 118, 69 p.

34. Nalivkin V. D. *Stratigrafiia i tektonika Ufimskogo plato i Iuriuzano-Sylvenskoi depressii* (Stratigraphy and tectonics of the Ufa plateau and Yuryuzan-Sylven depression). VNIGRI, 1949, 46, 204 p.

35. Nalivkin V. D. *Fatcii i geologicheskaia istoriia Ufimskogo plato i Iuriuzano-Sylvenskoi depressii* (Facies and geological history of the Ufa plateau and Yuryuzan-Sylven depression). VNIGRI, 1950, 47, 127 p.

36. *Organizm i sreda v geologicheskom proshlom* (Organism and environment in the geological past). Ed.: Gekker R.F. Moscow: Nauka, 1966, 267 p.

37. *Reshenie chetvertoi paleoekologo-litologicheskoi sessii, prohodivshei v Krymu i Moldavii v sentiabre 1966* (Decision of the fourth paleoecological-lithological session, held in the Crimea and Moldova in September 1966). PIN AS USSR, Moscow, 1968, 11 p.

38. *Resheniia VII vyezdnoi Vsesoiuznoi paleoekologo-litologicheskoi sessii "Permskie rifogennye obrazovaniia Yuzhnogo Urala"* (Decisions of the 7th visiting All-Union paleoecological and lithological session "Permian reef formations of the Southern Urals"). Novosibirsk, 1989, 11 p.

39. *Rify i karbonatnye psefitolity* (Reefs and carbonate psephitolites). Proceedings of conference. Syktyvkar: IG Komi SC UB RAS, 210, 216 p.

40. Sandula V. N. *Geologiia rifov* (Geology of reefs). Vestnik of Geosciences, 2020, No. 7, pp. 37—39.

41. *Sovremennye i drevnie rifovye sistemy* (Modern and ancient reef systems). Proceedings of conference. FEB AS USSR, Vladivostok, 1987, 86 p.

42. *Tezisy dokladov V Vsesoiuznogo simpoziuma po iskopaemym korallam i rifam* (Abstracts of the 5th All-Union Symposium on Fossil Corals and Reefs). Dushanbe: Donish, 1983, 184 p.

43. *Fanerozoiskie rify i korally SSSR* (Phanerozoic reefs and corals of the USSR). Proceedings of conference. Dushanbe, 1983. Moscow: Nauka, 1986, 232 p.

44. *Fatcii i geohimiia karbonatnykh otlozhenii* (Facies and geochemistry of carbonate deposits). Reports. Leningrad-Tallin, 1973, 133 p.

45. Yushkin N. P., Antoshkina A. I., Kuznetsov V. G., Sandula A. N. *Geologiia rifov* (Geology of reefs). International meeting, Syktyvkar, 2005. *Litologiia i poleznye iskopaemye* (Lithology and mineral deposits). 2006, No. 2, pp. 217—218.

46. Yushkin N. P., Kuznetsov V. G., Antoshkina A. I. et al. *Litologiia i neftegazonosnost karbonatnykh otlozhenii* (Lithology and oil and gas content of carbonate sediments). *Litologiia i poleznye iskopaemye* (Lithology and mineral deposits), 2002, No. 2, pp. 223—224.

47. Yapaskurt O. V. *O problemakh karbonatnoi sedimentologii* (Problems of carbonate sedimentology). Vestnik IG Komi SC UB RAS. Syktyvkar: Geoprint, 2001, p. 11.

48. Klimenko S. S., Anischenko L. A., Antoshkina A. I. The Timan-Pechora sedimentary basin: Palaeozoic reef formation and petroleum systems. Geological Society, London, Memoirs 2011, Chapter 13, V. 35, pp. 223—236.

49. Kuznetsov V. G. Carbonate Conference in Russia. IAS Newsletter, 2001, No. 176, p. 3.

50. Peryt T. International Symposium "Geology of Reefs" Syktyvkar, Russia, July 4—6, 2005. Epizodes, 2005, V. 28, No. 4, p. 297.

51. Peryt T. International Symposium Geology of Reefs, Syktyvkar 2005. Vestnik IG Komi SC UB RAS. Syktyvkar: Geoprint, 2005, No. 8, pp. 15—16.

Поступила в редакцию / Received 28.10.2020

XXIX НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СТРУКТУРА, ВЕЩЕСТВО, ИСТОРИЯ ЛИТОСФЕРЫ ТИМАНО-СЕВЕРОУРАЛЬСКОГО СЕГМЕНТА» THE 29TH SCIENTIFIC CONFERENCE «STRUCTURE, SUBSTANCE, HISTORY OF LITHOSPHERE OF TIMAN-NORTHERN URAL SEGMENT»

On November 24—25, 2020 the 29th scientific conference «Structure, substance, history of lithosphere of Timan-Northern Ural segment» was hosted by the Institute of geology. The conference embraced participants from St. Petersburg to Baku (Azerbaijan). Off-line and on-line sessions of conference were divided into the following sections: regional and structural geology; petrography, mineralogy and crystallography; stratigraphy and sedimentary geology; organic geochemistry; geology of minerals; methods in geology. All reports were broadcast on the Youtube platform («Институт геологии» channel).



Очное заседание конференции
Off-line session of the conference

24—25 ноября состоялась научная конференция «Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента». Это событие проводится традиционно на площадке Института геологии в течение 29 лет. В работе 29-й конференции приняли участие более 50 ученых, аспирантов и студентов из Сыктывкара, Ухты, Москвы, Казани, Санкт-Петербурга и Баку (Азербайджан). Участники представили 14 научно-исследовательских, учебных и производственных организаций России и ближнего зарубежья (УГТУ, ГИН РАН, МГРИ, СПбГУ, СГУ им. Питирима Сорокина, ВСЕГЕИ, Бакинский государственный университет и другие).

На конференции состоялось обсуждение широкого круга вопросов по всем основным научным геологическим направлениям. Было представлено 12 стендовых докладов и 17 устных пленарных докладов (12 — очно, 5 — удаленно, в онлайн-режиме).

Устные доклады участников охватывали следующие тематические разделы.

Региональная и структурная геология

В пленарном докладе профессора, д. г.-м. н. А. М. Пыстина была освещена тема важнейших рубежей в истории формирования Тимано-Североуральского сегмента земной коры от 3 млрд лет до настоящего времени. Другими участниками конференции были доложены данные сравнительного анализа структурных особенностей пород нямтинского комплекса и щокурьинской свиты на основе микроструктурного анализа (К. С. Попвасев, И. Л. Потапов) и геохимических особенностей и геодинамических обстановок формирования предположительно позднеюрских вулканитов севера Южно-Анюйской сутуры Центральной Чукотки (М. В. Маскаев, А. В. Моисеев, Д. К. Ульянов).

Петрография, минералогия и кристаллография

Пленарный доклад д. г.-м. н. В. И. Ракина коснулся равновесных и неравновесных минеральных систем в гравитационном поле. Другие участники рассказали об особенностях породообразующих минералов Неркаюского эклогит-сланцевого комплекса Приполярного Урала (Е. В. Кушманова) и позднедевонских долеритов полуострова Канин (А. М. Шмакова). Т. А. Вовчина и А. А. Соболева с использованием вторичной ионной масс-спектрометрии (SIMS) описали и датировали методом U-Pb зерна циркона сокольнинских субвулканических образований (плагиогранит-порфиры) Северо-Западного Пай-Хоя (поздний рифей, приблизительно 633 ± 14 млн лет).

Стратиграфия и осадочная геология

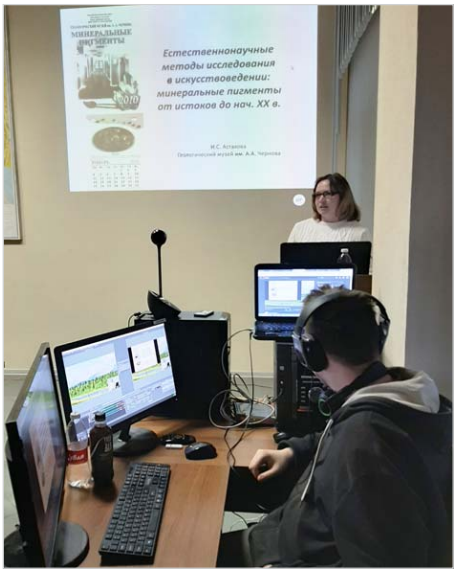
Пленарный доклад профессора, д. г.-м. н. А. С. Алексеева был посвящен международной хроностратиграфической шкале фанерозоя, «золотым гвоздям» и концепции GSSP (глобальный стратотипический разрез и точка) в целом. Участниками конференции установлены условия образования нижнедевонских отложений в разрезе руч. Дэршор (гряда Чернышева) и литологические типы пород, обладающие коллекторскими свойствами (М. С. Нечаев, Т. В. Майдль); исследован литологический состав и проведен гранулометрический анализ верхнего моренного горизонта четвертичных валунных суглинков в бассейне р. Юнъяха (Большеземельская тундра) (Н. Н. Воробьев, В. А. Исаков).

Органическая геохимия

В рамках этого раздела к. г.-м. н. О. В. Валяева рассказала о возможностях использования углеродов-биомаркеров при проведении геохимических исследований.

Геология полезных ископаемых

В докладах раздела была охарактеризована морфология золота из протолочных проб Среднекыввожского участка (Средний Тиман) (К. Г. Пархачева с соавторами); обсуждались перспективы выявления объектов золотосульфидного оруденения карлинского типа в палеозойских терригенно-карбонатных толщах Момонтай-



Пленарный доклад к. г.-м. н. И. С. Астаховой

Plenary lecture by Cand. Sci. (geology and mineralogy) I. S. Astakhova

ской площади на севере Магаданской области (К. П. Рязанов, С. Ю. Енгалычев) и структурно-вещественные особенности девонских бурых углей Северного Тимана (И. Г. Чернова с соавторами).

Методы в геологии

В пленарном докладе к. г.-м. н. И. С. Астахова рассказала о минеральных пигментах, используемых с древних времен до начала XX века, а также о естественно-научных методах в своём исследовании. Применение метода «K-средних» для кластеризации массива данных силикатного и рентгенофазового анализа пород Верхнещугорского месторождения обеспечивает наилучшую аппроксимацию данных при выделении технологических типов руды по близкому вещественному составу (И. Н. Размыслов).

Во время очного этапа конференции соблюдались ставшие уже нормой в этом году правила для предупреждения распространения коронавирусной инфекции (необходимость использования средств индивидуальной защиты и социального дистанцирования). В целях минимизации контактов участников конференции все доклады транслировались на Youtube-канале «Институт геологии» (ссылка по qr-коду).

Организационный комитет выражает огромную признательность администрации и сотрудникам Института геологии, в особенности информационно-издательскому отделу и группе автоматизации научных исследований ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, которые оказали организационную и техническую помощь в проведении конференции.

К. г.-м. н. А. Плотицын

НОВЫЕ ИЗДАНИЯ • NEW PUBLICATIONS



УДК: 551.7+551.8(042.5)

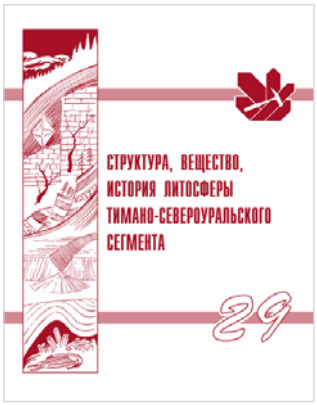
Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии: Материалы Восьмого Всероссийского совещания с международным участием / В. А. Захаров (отв. ред.), М. А. Рогов, Е. В. Щепетова, А. П. Ипполитов (ред.). Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2020. 294 с.

ISBN 978-5-98491-088-0

В сборнике представлены наиболее актуальные научные результаты, полученные в последние годы. Исследования посвящены различным аспектам изучения юрской системы России и стран ближнего зарубежья — биостратиграфии, фациальному анализу, седиментологии, палеогеографии и геологии нефтегазоносных бассейнов.

Jurassic System of Russia: Problems of stratigraphy and palaeogeography. Proceedings of the Eighth All-Russian Conference with international participation. Online-conference, September 711, 2020 / V. A. Zakharov (resp. ed.), M. A. Rogov, E.V. Shchepetova, A. P. Ippolitov (eds). Syktyvkar: IG Komi SC UB RAS, 2020. 294 pp.

The present issue is representing most actual scientific results obtained in last years. The investigations touch different aspects of Jurassic geology of Russia and adjacent countries — biostratigraphy, facial analysis, sedimentology, palaeogeography and geology of petroleum basins.



УДК 5±549 (470.1)

Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Материалы 29-й научной конференции. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2020. 148 с.

ISBN 978-5-98491-090-3

В сборнике обсуждаются вопросы четвертичной геологии, инженерной геологии, литологии и седиментологии, петрографии, стратиграфии, геологии нефти и газа, геологии рудных полезных ископаемых, геохимии, геофизики, минералогии и региональной геологии.

Lithosphere of the Timan-Northern Ural segment: Structure, Matter, History Proceedings of the 29th scientific conference. Syktyvkar: IG Komi SC UB RAS, 2020, 148 p.

The book discusses issues of Quaternary geology, engineering geology, lithology and sedimentology, petrography, stratigraphy, geology of oil and gas, geology of ore minerals, geochemistry, geophysics, mineralogy and regional geology.



УДК 550 + 910.4

Юшкин Н. П. Начало пути. Уральскими маршрутами. На островах Ледовитого. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН. 322 с. + 24 с. вкладки.

ISBN 978-5-98491-089-7

Данное издание представляет собой ранее опубликованные прозаические произведения академика РАН Николая Павловича Юшкина, обращенные к широкому кругу читателей: «Начало пути», «Уральскими маршрутами» и «На островах Ледовитого».

Первая книга — это воспоминания о детстве, школьных и студенческих годах будущего академика, совпавших с тяжелым военным и послевоенным временем (40—50-е годы), о краеведческих исследованиях и первых экспедициях. Вторая книга — об удивительно красивом и сказочно богатом Урале, где Н. П. Юшкин проработал около полусотни лет и сформировался как ученый мирового уровня. Третья книга повествует о нескольких экспедициях на острова Вайгач и Новая Земля, куда уходят геологические структуры седого Урала. Юшкин рассказывает об увлекательной истории изучения и освоения арктических островов, об их удивительной природе, о работе и жизни ученых-геологов.

Yushkin N.P. Outset of the path. Ural routes. On the Arctic Islands. Syktyvkar: IG Komi SC UB RAS. 322 s. + 24 p. inset.

This publication represents the previously published prose works of the Academician of RAS Nikolay Pavlovich Yushkin, addressed to a wide range of readers: «The Beginning of the Path», «Ural Routes» and «On the Arctic Islands». The first book is the memories of childhood, school and student years of the future Academician, which coincided with a difficult military and post-war period (1940s—50s), about local history studies and the first expeditions. The second book is about amazingly beautiful and fabulously rich Urals, where N. P. Yushkin worked for about fifty years and was set as a world-class scientist. The third book tells about several expeditions to the islands of Vaygach and Novaya Zemlya. The geological structures of the gray-haired Urals stretch here. Yushkin tells about the fascinating history of research and development of the Arctic islands, about their amazing nature, about the work and life of geologists.



УДК 548

Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения — 2020): Материалы российской конференции с международным участием. Сыктывкар: ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2020. 408 с.

ISBN 978-5-98491-091-0

В сборнике рассматриваются фундаментальные проблемы генетической минералогии и кристаллографии, наноминералогии и биоминералогии. Широко представлены материалы по актуальным вопросам рационального использования минерального сырья и экспериментального моделирования процессов минералообразования. Большое внимание уделено минералогии месторождений полезных ископаемых. Сборник представляет интерес для минералогов и специалистов естественно-научного профиля.

Modern Problems of Theoretical, Experimental and Applied Mineralogy (Yushkin Readings — 2020): Proceedings of Russian conference with international participation. Syktyvkar, IG FRC Komi SC UB RAS, 2020. 408 p.

In the volume the fundamental problems of genetic mineralogy and crystallography, nanomineralogy and biomineralogy are considered. Data on actual problems of rational usage of mineral raw materials and experimental modeling of mineral formation processes are widely presented. Much attention is paid to the mineralogy of mineral deposits. The volume is of great interest for mineralogists and specialists in the field of natural science.

Ответственный за выпуск:
М. Н. Буравская

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

Компьютерная верстка
Т. В. Хазовой

Свид. о рег. средства массовой информации ПИ № ФС77-75435 от 19.04.2019, выданное Роскомнадзором. Отпечатано: 25.12.2020. Формат бумаги 60×84 1/8. Печать RISO. Усл. п. л. 6. Тираж 140. Заказ 1154. *Учредитель:* Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (ФИЦ Коми НЦ УрО РАН). *Редакция, издательство, типография:* издательско-информационный отдел Института геологии имени академика Н. П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН). *Адрес:* 167982, Республика Коми, Сыктывкар, Первомайская, 54. *Тел.:* (8212) 24-51-60. *Эл. почта:* vestnik@geo.komisc.ru

На обложке использованы фото И. Астаховой, А. Перетягина, П. Безносова, П. Юхтанова, Е. Кушмановой