



Вестник

Института геологии Коми научного центра УрО РАН
Научно-информационное издание, основанное академиком Н. П. Юшкиным в 1995 г.

Сентябрь 2015 г., № 9 (249)

Содержание

Научные статьи

- Термодинамические условия формирования и геодинамические реконструкции для эклогитов белорецкого комплекса (Южный Урал)
С. Г. Ковалев, Е. А. Тимофеева 3
- Современные конкреции: минералогическое исследование и экспериментальный подход
Часть 1. Песчаниковые обособления с бактериальным карбонатным цементом (п. Волна, Краснодарский край)
Л. В. Леонова, Ю. С. Симакова, Л. Ю. Кузьмина, А. С. Рябова, С. Э. Борич, С. П. Главатских, О. Я. Червяцова 11
- Генезис вод гидротермальных месторождений Приполярного Урала
Н. Н. Зыкин, Н. В. Сокерина 18

- Структура и текстура кремнезема импактитов Карской астроблемы
В. П. Лютоев, А. Ю. Лысюк 24
- О мёссбауэрите из донных отложений пресноводных озёр Ильменского заповедника (Южный Урал)
П. М. Вализер, Е. П. Щербакова, Н. К. Никандрова, А. С. Никандров, С. Н. Никандров 33
- Изотопы углерода аминокислот в патогенных биоминеральных образованиях [краткое сообщение]
С. Н. Шанина, В. И. Каткова, Е. В. Машина 36

Хроника, события, факты

- Хроника 38
- Несколько дней весны (из дневников академика РАН Н. П. Юшкина). 1975 год 39
- В зеркале прессы 44
- Крым-2015 45

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

Редакционный совет:

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

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



Vestnik

September, No. 9 (249), 2015



Institute of Geology of Komi Science Center of Ural Branch RAS

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

Content

Scientific articles

Thermodynamic conditions of formation and geodynamic reconstruction for the eclogites of Beloretsk complex (South Ural)	Structure and texture of silica of the Kara astrobleme impactites
<i>S. G. Kovalev, E. A. Timofeeva</i> 3	<i>V. P. Lyutoev, A. Yu. Lysyuk</i> 24
Modern nodules: mineralogical investigation and modelling experiments	About mössbauerite from the bottom sediments of the freshwater lakes of the Ilmensky reserve (South Urals)
Part 1. Sandstone formations with bacterial carbonate cement (settlement Volna, Krasnodar region) <i>L. V. Leonova, Yu. S. Simakova, L. Yu. Kuzmina, A. S. Ryabova, S. E. Borich, S. P. Glavatskikh, O. Ya. Cherviatsova</i> 11	<i>P. M. Valizer, E. P. Shcherbakova, N. K. Nikandrova, A. S. Nikandrov, S. N. Nikandrov</i> 33
Genesis of water of hydrothermal deposits of Subpolar Urals <i>N. N. Zykin, N. V. Sokerina</i> 18	Isotopes of carbon of amino acids in pathogenic biomineral formations <i>S. N. Shanina, V. I. Katkova, E. V. Mashina</i> 36

Chronicle, events, facts

Chronicle 38	Media Mirror 44
Some spring days (from diaries of Academician of RAS N. P. Yushkin). 1975 39	Crimea-2015 45

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

Editorial Board:

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

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



УДК 552.163:552.43(234.853)

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ЭКЛОГИТОВ БЕЛОРЕЦКОГО КОМПЛЕКСА (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

**С. Г. Ковалев, Е. А. Тимофеева**

Институт геологии Уфимского научного центра РАН, Уфа
kovalev@ufaras.ru

В статье приводятся новые данные по термодинамическим условиям образования эклогитов белорецкого комплекса. Установлено, что на прогрессивной стадии параметры достигали: $T = \sim 620\text{--}650^\circ\text{C}$, $P = \sim 10\text{--}13$ кбар, а на декомпрессионном этапе: $T = 480\text{--}500^\circ\text{C}$, $P = 4.4\text{--}5.5$ кбар. Предложена геодинамическая модель формирования пара- и ортопород белорецкого метаморфического комплекса, включающая два этапа, первый из которых обусловлен локальным(?) рифтогенезом, проявившимся в период $\sim 730\text{--}710$ млн лет; второй этап — основной — реализовывался при орогенезе в складчатой области тиманид в условиях стрессовой (либо стресс + литостатическое давление) нагрузки. Делается вывод о том, что белорецкий метаморфический комплекс является типичным представителем метаморфических комплексов коллизионного типа.

Ключевые слова: белорецкий комплекс, эклогиты, термобарические условия, рифейские отложения, прогрессивный этап, декомпрессионная стадия, фации метаморфизма.

THERMODYNAMIC CONDITIONS OF FORMATION AND GEODYNAMIC RECONSTRUCTION FOR THE ECLOGITES OF BLORETSK COMPLEX (SOUTH URAL)

S. G. Kovalev, E. A. Timofeeva

Institute of Geology Ufa Science Centre Russian Academy of Sciences, Ufa

Despite the significant number of publications covering various aspects of geology and metamorphic rocks metamorphic complex of Beloretsk, mineralogy and geochemistry of eclogite are poorly lit in the literature, and questions about the genetic nature and formation type protolytes and geodynamic conditions of formation of eclogite are almost completely unexplored.

The paper presents new data on the thermodynamic conditions of formation of eclogites of Beloretsk complex. It was found that the progressive stage parameter variations reached: $T = \sim 620\text{--}650^\circ\text{C}$, $P = \sim 10\text{--}13$ kbar, and decompression stage: $T = 480\text{--}500^\circ\text{C}$, $P = 4.4\text{--}5.5$ kbar. A geodynamic model of para- and orthorocks of Beloretsk metamorphic complex is suggested, which includes two stages, the first of which was conditioned riftogenesis, manifested at $\sim 730\text{--}710$ Ma; the second stage — the main — was implemented during the orogeny in folded area Timanides under stress (or stress + lithostatic pressure) loads. The conclusion is that Beloretsk metamorphic complex is a typical representative of collision metamorphic complexes.

Keywords: *Beloretsk complex, eclogite, thermobaric conditions Riphean deposits, progressive stage, decompression stage, facies metamorphism.*

Геологическое строение комплекса

Белорецкий метаморфический комплекс (БМК) как стратиграфическое подразделение объединяет метаморфические породы, расположенные

в восточной части Башкирского мегантиклиниория (рис. 1). При протяженности около 120 км его наибольшая ширина достигает 40 км. В унифицированных стратиграфических схемах БМК сопоставляется с рифейскими

отложениями западного склона Южного Урала [20]. В тектоническом отношении метаморфические породы БМК слагают Маярдакский антиклиниорий, вытянутый в северо-восточном направлении, юго-восточное

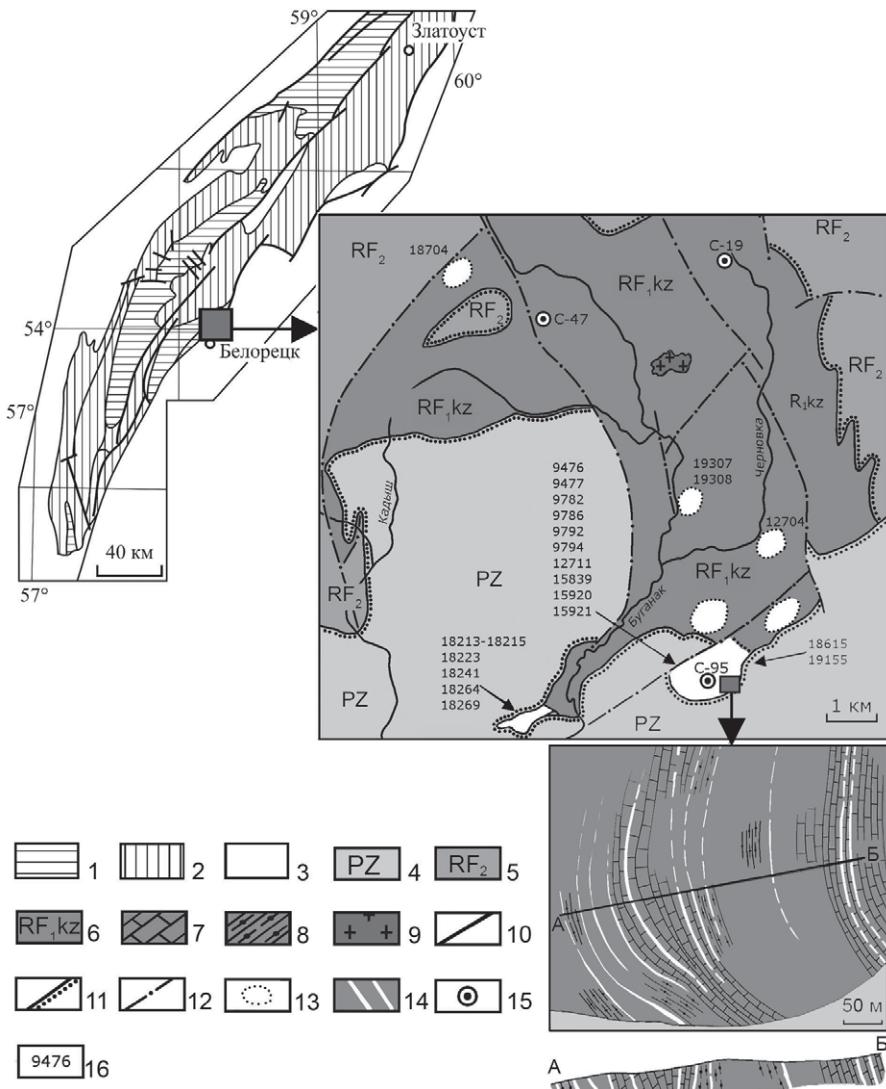


Рис. 1. Обзорная схема Южного Урала и распространение эклогитов в белорецком метаморфическом комплексе: 1 — нижний рифей; 2 — средний рифей; 3 — палеозой; 4 — палеозойские отложения нерасчлененные; 5 — среднерифейские отложения не-расчлененные; 6 — нижний рифей, кызылташская, свита; 7 — мраморы, кызылташ-ская свита; 8 — слюдисто-кварцевые сланцы, кызылташская свита; 9 — граниты Ах-меровского массива; 10 — стратиграфические согласные контакты; 11 — стратигра-фические несогласные контакты; 12 — разрывные нарушения; 13 — участки развития эклогитов и апоэклогитовых амфиболитов; 14 — эклогитовые и апоэклогитовые тела; 15 — скважины, вскрывшие эклогиты и апоэклогитовые амфиболиты; 16 — номера образцов

Fig. 1. General map of the South Urals and distribution of eclogite in Beloretsky metamorphic complex: 1 — Lower Riphean; 2 — Middle Riphean; 3 — Paleozoic; 4 — undivided Paleozoic deposits; 5 — undivided Middle Riphean deposits; 6 — Lower Riphean, kyzyltashskaya suite; 7 — marbles, kyzyltashskaya suite; 8 — quartz-mica schists, kyzyltashskaya suite; 9 — Akhmerovsky massif granites; 10 — conformable stratigraphic contacts; 11 — unconformable stratigraphic contacts; 12 — faults; 13 — areas of eclogite and apoeclogite amphibolites; 14 — eclogite and apoeclogite bodies; 15 — boreholes drilled eclogites and apoeclogite amphibolites; 16 — number of samples

крыло которого с размывом, перерывом и угловым несогласием перекрыто палеозойскими толщами Зилаирского мегасинклиория. Весь комплекс разбит на ряд тектонических блоков разновозрастными и разноориентированными дизъюнктивными нарушениями. В разрезе БМК выделяются нижнерифейские буганакская свита (переслаивание кварцитов, двусло-

дяно-кварцевых и карбонатно-кварцевых сланцев и мраморов) и кызылташская, подразделяющаяся на 4 подсвиты (снизу вверх): сюрюнзяк-ахмеровскую (доломитовые и кальцитовые мраморы), басканскую (переслаивание кристаллических сланцев с переменным содержанием биотита, мусковита, карбоната, плагиоклаза и кварца с темноокрашенными крис-

таллическими известняками), камерташскую (преимущественно кристаллические сланцы с биотитом, мусковитом, плагиоклазом, кварцем, иногда с гранатом) и маярдакскую (углисто-кварцевые сланцы с редкими прослойками кварцитов и известняков). Среднерифейские отложения представлены аюсапканской (мусковит-кварцевые, мусковит-хлорит-кварцевые сланцы и слюдистые кварциты), белетарской (графитсодержащие мусковит-хлорит-кварцевые сланцы и кварциты с телами аподолеритовых амфиболитов), а также зигальгинской, зигазино-комаровской и авязинской свитами. Три последние по составу и стратификации близки или аналогичны соответствующим стратиграфическим подразделениям среднего рифея Башкирского мегантиклинория, в отдельных случаях отличаясь от них более высокой степенью регионального метаморфизма. Верхнерифейские отложения представлены зильмердакской свитой, состоящей преимущественно из аркозовых и субаркозовых песчаников с подчиненными им прослойками гравелитов и конгломератов, алевролитов и глинистых сланцев. Общая мощность отложений составляет около 4000—5000 м.

А. А. Алексеев [2] установил метаморфическую зональность Белорецкого комплекса, выделив зеленосланцевую, эпидот-амфиболитовую и амфиболитовую фации метаморфизма с изоградами хлоритоида, биотита, граната и омфацита. Эклогиты в БМК установлены только в составе нижнерифейского яруса (буганакская и кызылташская свиты) в ядре Буганакской брахиантиклинали.

Термодинамические условия образования эклогитов

Оценки термобарических параметров образования эклогитов белорецкого комплекса немногочисленны. В частности, А. А. Алексеев с соавторами по гранат-клинопироксеновому геотермобарометру Л. Л. Перчука [17] температуру оценивали в 500—600 °С, давление — 9—10 кбар [3]. Более поздние оценки температуры и давления по формуле Д. Ж. Эллиса и Д. Х. Грина [23] соответствовали: $T=650$ °С, $P=10$ кбар. Результаты наших расчетов по гранат-клинопироксеновому геотермометру [29] и амфиболовому геобарометру [24, 30] приведены в таблице, из которой видно, что температура образования эклогит-



Термодинамические параметры для эклогитов белорецкого метаморфического комплекса
Thermodynamic parameters for eclogites of Beloretsk metamorphic complex

№ обр.	Порода, привязка	Гранат-пироксеновый геотермометр по [29], T (°C)	Амфиболовый геобарометр, P (кбар)	
			по [24]	по [30]
9782	эклогит, юго-западный склон выс. 607.6 м	459	10.1	10.3
12712	эклогит, юго-западный склон выс. 607.6 м	620	8.2	8.3
18505	эклогит амфиболизированный, правый берег р. Буганак	453	8.7	8.8
18617	эклогит, правый берег р. Буганак	445	7.8	7.9
18615	эклогит, карьер западнее высоты 607.6 м	490	8.1	8.2
18214	апоэклогитовый амфиболит с симплектитовыми структурами, правый берег р. Буганак	556	5.4	5.6
		487	4.2	4.4
18241	эклогит, выемки на ж/д Уфа-Белорецк, правый берег р. Буганак	450	8.9	9.0
18269	эклогит, выемки на ж/д Уфа-Белорецк, правый берег р. Буганак	435	7.9	8.1
		445	7.6	7.7

тов белорецкого комплекса изменяется от 435 до 620 °C, а давление варьирует в пределах от 7.6 до 10.3 кбар.

Кроме того, оценки температуры и давления для амфиболизированного эклогита из нашей коллекции были получены методом мультиравновесной термобарометрии [18]. Для ассоциации гранат — клинопироксен — плагиоклаз — биотит — кварц в присутствии титансодержащих минералов рутила и титанита были выполнены расчеты в программе TWQ. Полученные результаты по температуре и давлению для системы $K_2O - CaO - FeO - MgO - Al_2O_3 - TiO_2 - SiO_2 - H_2O$ (KCFMATSН) с тремя независимыми реакциями составляют: $T = 612$ °C; $P = 8.45$ кбар.

Для парапород белорецкого комплекса, в которых были обнаружены высококремниевые фениты ($Si = 3.4$), рассчитанное по методике Н. Л. Добрецова и Н. В. Соболева [7] давление превышает 12 кбар. Здесь же необходимо отметить, что, судя по присутствию в кристаллических сланцах силлиманита, максимальная температура преобразования осадочных пород БМК достигала ~ 650 °C.

Проведенное ранее детальное изучение петрографии пород и химического состава породообразующих минералов эклогитов и апоэклогито-

вых метабазитов [4] позволило установить, что в их эволюции фиксируются две стадии (этапа) единого процесса метаморфизма — проградный (прогрессивный) и ретроградный (ретрессивный, декомпрессионный). На прогрессивной стадии формируется омфацит — гранат — рутиловый парагенезис. Максимальные термодинамические параметры этой стадии метаморфизма достигали: $T \sim 650$ °C, $P \sim 13$ кбар (точка 1 на рис. 2). Прогрессивная направленность в первую очередь устанавливается по зональности состава граната и характеру внутреннего строения его кристаллов. Кроме того, анализ расположения рассчитанных точек на Р-Т-диаграмме (рис. 2) показывает, что процесс метаморфизма реализовался в условиях относительно «резкого» увеличения давления при небольших вариациях температуры, что свидетельствует о преобладании стрессовой нагрузки.

На ретрессивном (декомпрессионном) этапе в эклогитах формируются симплектитовые клинопироксен-амфиболовая и плагиоклаз-амфиболовая минеральные ассоциации, замещающие омфацит, и в это же время начинается замещение рутила сференом. Термодинамические параметры ретроградной стадии с формированием симплектитовых разновидностей соответ-

ствуют: $P = 4.4$ —5.5 кбар, $T = 480$ —500 °C. В дальнейшем в породах БМК развивается минеральная ассоциация, включающая хлорит, клиноцизит (эпидот), альбит, сферен, серицит, кальцит, соответствующая зеленосланцевой (зеленокаменной) стадии, формирование которой происходит при температуре около 250—350 °C и первых кбараах давления.

Обсуждение результатов и выводы

Для реконструкции геодинамических условий формирования пород белорецкого комплекса определяющее значение имеет возрастной интервал проявления метаморфизма. Первые изотопные датировки (515—687 млн лет) были получены М. А. Гаррис и В. И. Ленных [13] K-Ar-методом по мусковиту из пород БМК и связывались авторами с ранне- и позднебайкальской fazами метаморфизма. В 1999 году по семи пробам мусковита из кристаллических сланцев БМК в Институте ядерной физики Макса Планка (Гейдельберг, Германия) ^{40}Ar - ^{39}Ar -методом были получены близкие цифры — 541—550 млн лет [21]. Большой блок изотопно-геохронологических данных по породам БМК был опубликован в результате исследований по проекту «Уралиды»

[22], эти данные в целом подтверждают, что последняя фаза метаморфизма в белорецком куполе проявилась 600–550 млн лет назад. В 2006 году А. А. Алексеевым с соавторами были

опубликованы результаты датирования мусковита и биотита из пород БМК. Полученный возрастной интервал метаморфизма — $702 \pm 20 - 590 \pm 17$ — «удревняет» это событие [3]. Кро-

ме прямых определений возраста пород БМК существуют косвенные датировки метаморфического события. При изучении черносланцевых отложений, приуроченных к зоне Юрзино-Зюраткульского разлома, расположенного ~40 км западнее-юго-западнее белорецкого комплекса, нами по составам сосуществующих сульфидов были определены термодинамические параметры образования сульфидной минерализации ($T \approx 330 - 500^\circ\text{C}$, $P = 6 - 7$ кбар), а по содержанию радиогенного свинца в уранинитах установлено время ее формирования (~600 млн лет) [10], что свидетельствует о проявлении «белорецкого метаморфического события» на большей территории. При этом метаморфизму подверглись не только отдельные блоки, но и породы, «трассирующие» зоны разломов [9]. При массовых определениях Ar-Ar-возраста белых слюд из венских синорогенных отложений Южного Урала методом лазерной абляции [33] было установлено, что слюды образуют две отчетливые возрастные группы. Первая, с возрастом 571–609 млн лет, имеет фенитовый состав и прямо указывает на источник сноса — породы БМК. Вторая группа — 645–732 млн лет, представленная только мусковитом, свидетельствует о том, что в этот временной период породы белорецкого комплекса не подвергались размыву. Таким образом, приведенные выше возрастные датировки свидетельствуют о том, что процесс метаморфизма пород белорецкого комплекса был растянут во времени.

Природа допалеозойского регионального метаморфизма, проявившегося на территории палеоконтинентального сектора Южного Урала, остается до сих пор дискуссионной. По представлениям В. И. Ленных [14], она обусловлена неоднократной конвергенцией литосферных плит. По данным А. А. Алексеева [1], формирование метаморфических комплексов на Южном Урале осуществлялось в обстановке коллизии континентальных плит, наступившей после ранневендинского рифтообразования и незначительного раздвига континентальной коры. По мнению В. Н. Пучкова [19], в поздневендинское время территория Южного Урала развивалась в режиме сжатия, что выразилось в региональном метаморфизме и локально проявленном метасоматозе. Кроме того, разрабатываются представления об обусловленности регионального метаморфизма верхнедокембрийских толщ западного

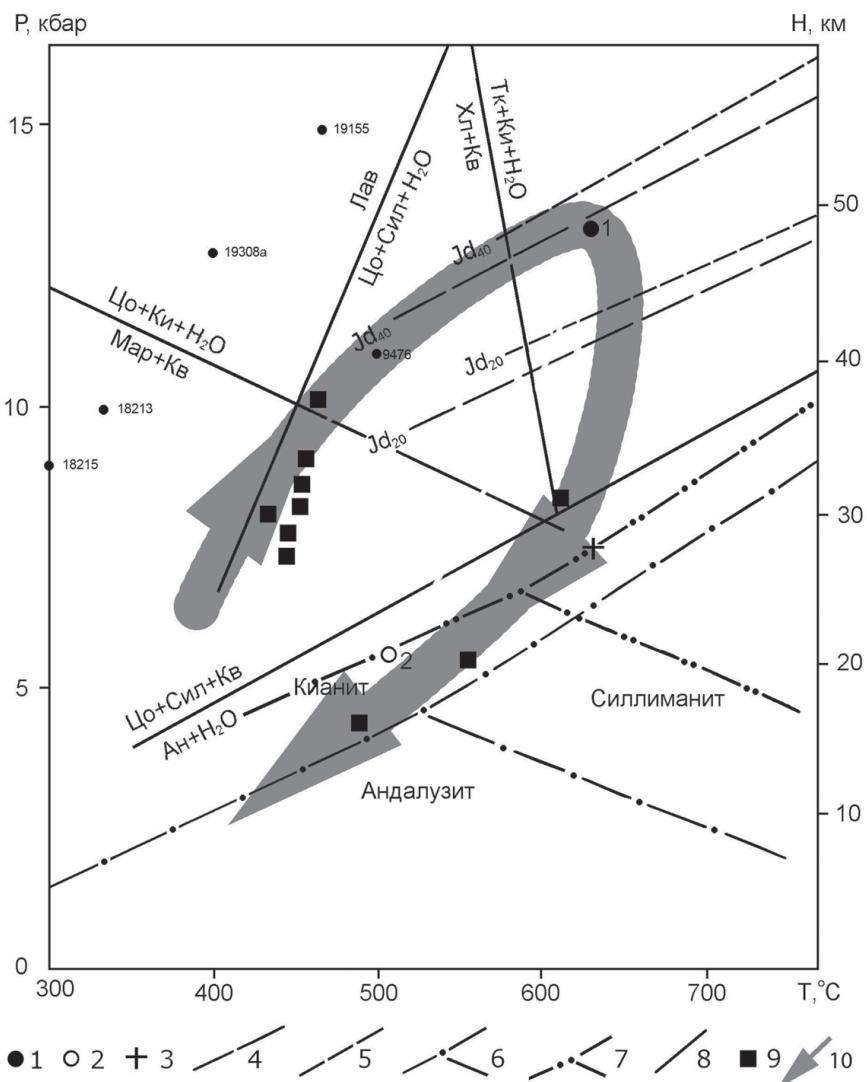


Рис. 2. Схема эволюции термобарических параметров метаморфизма эклогитов БМК: 1, 2 — РТ-параметры эклогитов (1 — неизмененные, 2 — симплектитовые); 3 — расчетные данные по программе TWQ по [18]; 4 — изоплеты содержаний жадеита в клинопироксene по [25]; 5 — изоплеты содержаний жадеита в диопside по [16]; 6 — фазовая диаграмма полиморфных модификаций Al_2SiO_5 по [15]; 7 — то же по схеме фаций контактового и регионального метаморфизма [6]; 8 — линии равновесия: Лав = Цо + Сил + Кв + H_2O [28]; Ан + H_2O = Цо + Сил + Кв [28]; Мар + Кв = Цо + Ки + H_2O [26]; Хл + Кв = Тк + Ки + H_2O [5]; 9 — авторские материалы, рассчитанные по гранат-пироксеновому геотермометру [29]; амфиболовому геобарометру [24, 30]; 10 — эволюционный тренд прогрессивного и регressive метаморфизма эклогитов: Ан — анортит, Кв — кварц, Ки — кианит, Лав — лавсонит, Мар — маргарит, Сил — силиманит, Тк — тальк, Цо — цоизит

Fig. 2. Evolution of thermobaric parameters of metamorphism of BMC eclogites: 1, 2 — PT-parameters of eclogites (1 — unchanged, 2 — symplectitic); 3 — estimated data from TWQ software, according to [18]; 4 — isopleths of jadeite content in clinopyroxene according to [25]; 5 — isopleths of jadeite content in diopside according to [16]; 6 — phase diagram of Al_2SiO_5 polymorphs according to [15]; 7 — the same by the scheme of facies of contact and regional metamorphism [6]; 8 — equilibrium lines: Лав = Цо + Сил + Кв + H_2O [28]; Ан + H_2O = Цо + Сил + Кв [28]; Мар + Кв = Цо + Ки + H_2O [26]; Хл + Кв = Тк + Ки + H_2O [5]; 9 — author's material calculated from garnet-pyroxene geothermometer [29]; from amphibole geobarometer [24, 30]; 10 — evolutionary trend of progressive and regressive metamorphism of eclogites: Ан — anorthite, Кв — quartz, Ки — kyanite, Лав — lawsonite, Мар — margarite, Сил — sillimanite, Тк — talc, Цо — zoisite



склона Южного Урала процессами растяжения и пластичного течения в условиях платформенного рифтогенеза и разрыва континентальных плит [8]. Все это свидетельствует о том, что геодинамическое развитие Южно-Уральского сегмента Уральской складчатой системы в позднем рифее и венде характеризовалось определенной спецификой, которая отражена в большом количестве публикаций, посвященных геологии структурно-вещественных комплексов, стратиграфии отложений иformationной принадлежности магматических пород.

Совокупность имеющихся материалов представляет историю формирования пород белорецкого комплекса в следующем виде. К концу «позднерифейского» времени субстрат БМК ничем не отличался от расположенных западнее (в современных координатах) структурно-вещественных комплексов и представлял собой последовательности осадочных отложений ранне-, средне- и позднерифейского возраста, пронизанные ранне- и среднерифейскими магматическими породами (рис. 3), на что указывают данные по сравнительному анализу геохимии эклогитов и магматических пород.

Первая фаза метаморфизма субстрата белорецкого комплекса проявилась в позднем рифее (аршиний по [11]) в связи с локально(?) проявленным рифтогенезом (рис. 3). В это время формируются габбро-гранитный Баранголовский массив (725 ± 5 млн лет; [12]), вулканогенно-осадочный аршининский комплекс (709.9 ± 7.3 млн лет [11]) и дайковые тела основного состава мазаринского комплекса. Породы, слагающие субстрат белорецкого комплекса, метаморфизуются в условиях амфиболитовой фации, о чем свидетельствует ^{40}Ar - ^{39}Ar -возраст амфиболя из эклогитов (718 млн лет [22]) и K-Ar-возраст мусковита из двуслюдяно-кварцевого сланца (702 ± 20 млн лет [4]).

Как показывают ранее проведенные и наши исследования, основная фаза метаморфизма пород белорецкого комплекса проявилась 600–550 млн лет назад [21, 22, 31–33 и др.] при орогенических движениях в складчатой области тиманид, сформировавшейся на краю рифейского платформенного бассейна [19]. В это время в условиях стрессовой (либо стресс + литостатическое давление) нагрузки сформировались эклогитовые тела (рис. 2), а термобарические параметры метаморфизма достигали максимальных величин: $T \sim 650^\circ\text{C}$,

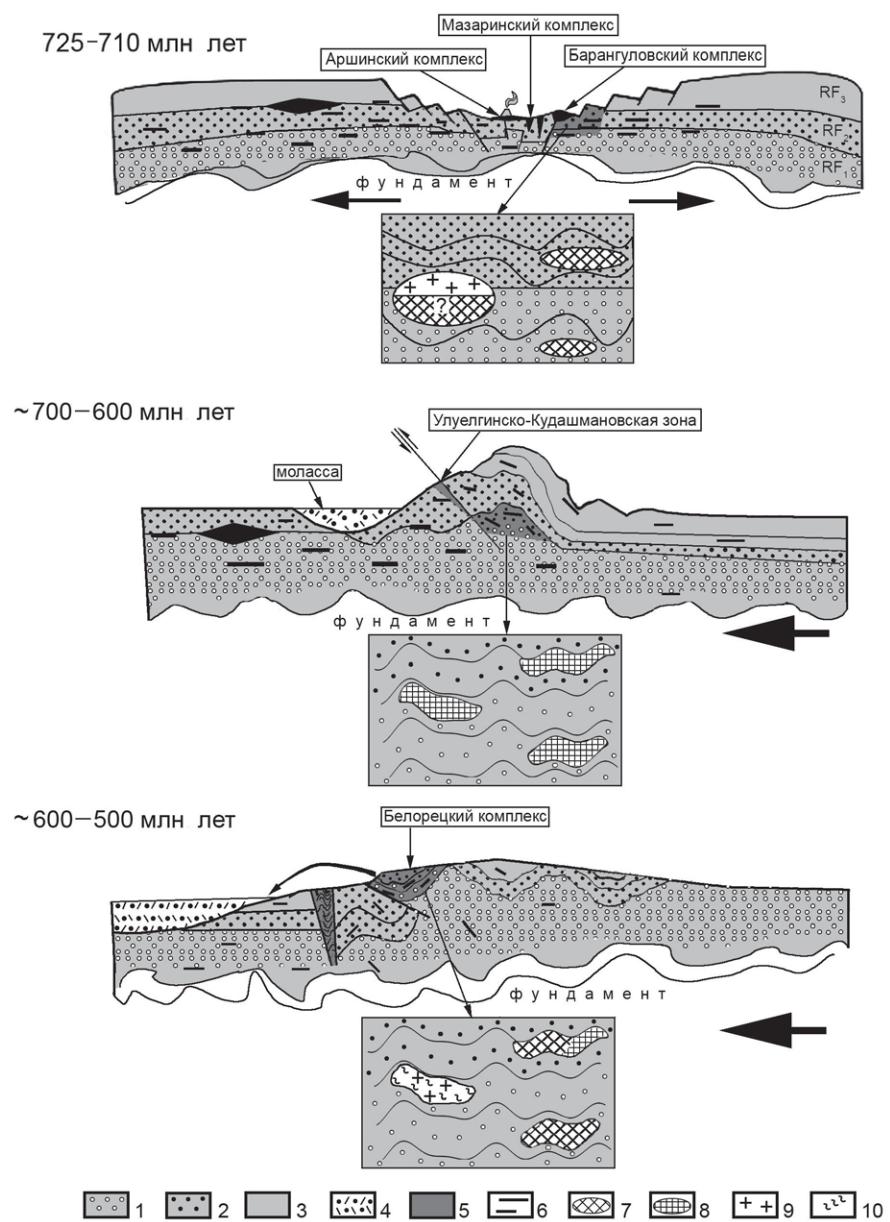


Рис. 3. Геодинамическая модель формирования белорецкого метаморфического комплекса: 1 — нижнерифейские отложения нерасчлененные; 2 — среднерифейские отложения нерасчлененные; 3 — верхнерифейские отложения нерасчлененные; 4 — ашинская серия (моласса); 5 — субстрат БМК и Улуелгинско-Кудашмановской зоны; 6 — интрузивные магматические породы нерасчлененные; 7 — амфиболиты; 8 — эклогиты; 9 — граниты ахмеровского комплекса; 10 — гнейсы

Fig. 3. Geodynamic model of formation of Beloretsky metamorphic complex: 1 — undivided Lower Riphean deposits; 2 — undivided Middle Riphean deposits; 3 — undivided Upper Riphean deposits; 4 — ashinskaya series (molasse); 5 — substrate of BMC and Uluelginsk-Kudashmanov zone; 6 — undivided intrusive igneous rocks; 7 — amphibolites; 8 — eclogites; 9 — granites of Akhmerovsky complex; 10 — gneisses

$P \sim 13$ кбар. На этом же этапе локальному метаморфизму амфиболитовой фации подвергаются породы, трассирующие линейные зоны разломов (Улуелгинско-Кудашмановская зона).

Дальнейшая эволюция пород БМК характеризовалась относительно быстрым снятием стрессовой нагрузки и выведением комплекса на поверхность, о чем свидетельствует широкое распространение в эклогитах симплектитовых структур и деком-

прессионной амфиболизации, а появление фенитовых слюд с возрастом 571–609 млн лет [33] в отложениях ашинской серии определяет временной интервал начала размыва пород БМК (рис. 3).

Подводя итог исследованию эклогитов белорецкого метаморфического комплекса, необходимо акцентировать внимание на следующем:

- максимальные термодинамические параметры при формировании



эклогитов БМК достигали: $T \sim 650^\circ\text{C}$, $P \sim 13$ кбар; при этом широкое распространение в породах симплектитовых структур, сформировавшихся при $T = 500^\circ\text{C}$, $P = 5.5$ кбар, свидетельствует об относительно быстрым выведении комплекса на поверхность;

— процесс формирования пара- и ортопород белорецкого метаморфического комплекса с определенной долей условности можно подразделить на два основных этапа, первый из которых обусловлен локально(?) проявленным рифтогенезом, проявившимся в период ~ 730 — 710 млн лет; второй этап — основной — реализовался при орогенезе в складчатой области тиманид в условиях стрессовой (либо стресс + литостатическое давление) нагрузки, что позволяет считать БМК типичным представителем метаморфических комплексов коллизионного типа [27].

Литература

1. Алексеев А. А., Алексеева Г. В. Белорецкий метаморфический комплекс — ключевой геолого-петрологический объект докембрия Урала // Проблемы петрогенеза и рудообразования. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. С. 3—5.
2. Алексеев А. А. Метаморфизм и термобарические условия формирования горных пород белорецкого высокобарического комплекса (Южный Урал) // Геологическая служба и горное дело Башкортостана на рубеже веков. Уфа: Тай, 2000. С. 170—174.
3. Алексеев А. А., Алексеева Г. В., Галиева А. Р., Тимофеева Е. А. Метаморфическая геология западного склона Южного Урала. Уфа: Гилем, 2006. 212 с.
4. Алексеев А. А., Ковалев С. Г., Тимофеева Е. А. Белорецкий метаморфический комплекс. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2009. 210 с.
5. Добрецов Н. Л., Соболев Н. В. Эклогиты и глаукофановые сланцы в складчатых областях // Кристаллическая кора в пространстве и времени: Метаморфические и гидротермальные процессы. М.: Наука, 1989. С. 204—213.
6. Добрецов Н. Л., Соболев В. С., Соболев Н. В., Хлестов В. В. Фации регионального метаморфизма высоких давлений. М.: Недра, 1974. 328 с.
7. Добрецов Н. Л., Соболев Н. В., Шацкий В. С. Эклогиты и глаукофановые сланцы в складчатых областях. Новосибирск: Наука, 1989. 236 с.
8. Иванов С. Н., Русин А. И. Поздневендская стадия развития Урала // Геотектоника. 2000. № 3. С. 21—32.
9. Ковалев С. Г. Метаморфизм белорецкого комплекса: характеристика события в истории западного склона Южного Урала // Наука, природа и общество: Материалы междунар. конф. Миасс — Екатеринбург: ИГЗ УрО РАН, 2010. С. 22—26.
10. Ковалев С. Г., Высоцкий И. В., Мичурин С. В., Ковалев С. С. Геология, минералогия и металлогеническая специализация углеродсодержащих толщ Улуелгинско-Кудашмановской зоны (западный склон Южного Урала) // Литосфера. 2013. № 3. С. 67—88.
11. Козлов В. И., Пучков В. Н., Краснобаев А. А., Нехорошева А. Г., Бушарина С. В. Аршиний — новый стратон рифея в стратотипических разрезах Южного Урала // Геологический сборник № 9. Юбилейный выпуск. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2011. С. 3—8.
12. Краснобаев А. А., Козлов В. И., Пучков В. Н., Ларионов А. Н., Нехорошева А. Г., Бережная Н. Г. О возрасте барангуловского габбро-гранитного комплекса Южного Урала // Геологический сборник № 6: Информационные материалы. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2007. С. 7—16.
13. Ленных В. И. Зональность и этапы метаморфизма, проявившегося в миогеосинклинальной области Южного Урала // Абсолютное датирование тектономагматических циклов и этапов оруденения по данным 1964 г. М.: Наука, 1966. С. 169—183.
14. Ленных В. И. Эклогитовый и глаукофановый метаморфизм в геологической истории Урала // Магматизм, метаморфизм и рудообразование в геологической истории Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1974. С. 170—183.
15. Мейсон Р. Петрология метаморфических пород. М.: Мир, 1981. 263 с.
16. Перчук А. Л., Аранович Л. Я. Термодинамика жадеит-диопсид-геденбергитового твердого раствора // Геохимия. 1991. № 4. С. 539—547.
17. Перчук Л. Л. Равновесия порообразующих минералов. М.: Наука, 1970. 392 с.
18. Пиндюрина Е. О. Новые данные по термобарометрии эклогитов белорецкого метаморфического комплекса (Южный Урал) // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: Материалы 10-й межрегиональной научно-практич. конференции. Уфа, 13—15 мая, 2014 г. Уфа: ДизайнПресс, 2014. С. 157—159.
19. Пучков В. Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 146 с.
20. Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой) / Межведомственный стратиграфический комитет России. Екатеринбург, 1993. 152 с.
21. Glasmacher U. A., Reynolds P., Alekseyev A. A. et al. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Thermochronology west of the Main Uralian fault, Southern Urals, Russia // Geol. Rundschau. 1999. V. 87. P. 515—525.
22. Glasmacher U. A., Bauer W., Giese U., Reynolds P., Kober B., Stroink L., Alekseyev A., Puchkov V. N., Willner A. P. The metamorphic complex of Beloretsk, SW Urals, Russia a terrane with a polyphase Meso- to Neoproterozoic thermo-dynamic evolution // Prec. Res. 2001. V. 110, No 1(4). P. 185—213.
23. 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, № 1. P. 13—22.
24. Hammarstrom J. M., Zen E-An. Aluminium in hornblende: an empirical igneous geobarometer // Amer. Miner. 1986. V. 71, № 11/12. P. 1297—1313.
25. Holland T. J. The reaction albite = Jadeite + quartz determined experimentally in the range 600—1200 grad. C // Amer. Mineral. 1980. V. 65, N 1. P. 129—134.
26. Liu J., You Z., Zhong Z. Eclogites from the middle and north of Dabie Mountains in southern Henan and northern Hubei, China // Science in China (Series D). 1996. V. 39, N 3. P. 293—299.
27. Maruyama S., Liou J. G., and Terabayashi M. Blueschists and eclogites of the world, and their exhumation: International Geology Review, 1996, v. 38, p. 485—594.
28. Newton R.C., Kennedy G.C. Some equilibrium reaction in the join $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8-\text{H}_2\text{O}$ // J. Geophys. Research. 1963. V. 68, N 10. P. 2967—2983.
29. Powell R. Regression diagnostics and robust regression in geothermometer/geobarometer calibration: the garnet-clinopyroxene geothermometer revised // J. Metamorphic Geol. 1985. V. 3, N. 3. P. 231—243.
30. Schmidt M.W. Experimental calibration of the Al-in-hornblende geobarometer at 650 C, 3.5—13.0 kbar // Terra abstracts. 1991. V. 3, N. 1. P. 30.
31. Willner A. P., Ermolaeva T., Stroink L., Glasmacher U. A., Giese U., Puchkov V. N., Kozlov V. I., Walter R. Contrasting provenance signals in Riphean and Vendian sandstones in the SW Urals (Russia): constraints for a change from passive to active continental margin condi-



tions in the Neoproterozoic // Precambrian Research. 2001. V. 110, (1–4). P. 215–239.

32. Willner A., Sindern S., Ermolayeva T., Kramm U., Puchkov V. et al. Typology and single grain U/Pb ages of detrital zircons from Proterozoic sandstones in the SW Urals (Russia): early time markers at the eastern margin of the Baltica // Prec. Res. 2003. 134. P. 1–20.

33. Willner A. P., Wartho J.-A., Kramm U., Puchkov V. N. Laser 40Ar–39Ar-ages of single detrital white mica grains related to the exhumation of Neoproterozoic and Late Devonian high pressure rocks in the Southern Urals (Russia) // Geol. Mag. 2004. 141 (2). P. 161–172.

References

1. Alekseev A. A., Alekseeva G. V. *Beloretskii metamorficheskii kompleks klyuchevoi geologo-petrologicheskii obekt dokembriya Urala* (Beloretsky metamorphic complex – key geological petrological object of Precambrian Urals). Problemy petrogenetisa rudoobrazovaniya. Ekaterinburg, UB RAS, 1998, pp. 3–5.
2. Alekseev A. A. *Metamorfizm i termobaricheskie usloviya formirovaniya gornyh porod beloretskogo vysokobaricheskogo kompleksa (Yuzhnyi Ural)* (Metamorphism and thermobaric conditions of formation of rocks of Beloretsky high-baric complex (South Urals)). Geologicheskaya sluzhba i gornoje delo Bashkortostana na rubezhe vekov. Ufa, Tau, 2000, pp. 170–174.
3. Alekseev A. A., Alekseeva G. V., Galieva A. R., Timofeeva E. A. *Metamorficheskaya geologiya zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala* (Metamorphic geology of western slope of South Urals). Ufa, Gillem, 2006, 212 pp.
4. Alekseev A. A., Kovalev S. G., Timofeeva E. A. *Beloretskii metamorficheskii kompleks* (Beloretsky metamorphic complex). Ufa, DizainPoligrafServis, 2009, 210 pp.
5. Dobretsov N. L., Sobolev N. V. *Eklogity i glaukofanovye slantsy v skladchatyh oblastyah* (Eclogites and blueshists in folded areas). Kristallicheskaya kora v prostranstve i vremeni. Metamorficheskie i gidrotermalnye protsessy. Moscow, Nauka, 1989, pp. 204–213.
6. Dobretsov N. L., Sobolev V. S., Sobolev N. V., Khlestov V. V. *Fatsii regionalnogo metamorfizma vysokih davlenii* (High pressure regional metamorphism facies). Moscow, Nedra, 1974, 328 pp.
7. Dobretsov N. L., Sobolev N. V., Shatskii V. S. *Eklogity i glaukofanovye slantsy v skladchatyh oblastyah* (Eclogites and blueshists in folded areas). Novosibirsk, Nauka, 1989, 236 pp.
8. Ivanov S. N., Rusin A. I. *Pozdnevendskaya stadiya razvitiya Urala* (Late Vendian stage of Urals history). Geotektonika, 2000, No. 3, pp. 21–32.
9. Kovalev S. G. *Metamorfizm beloretskogo kompleksa: harakteristika sobytiya v istorii zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala* (Metamorphism of Beloretsky complex: characteristics of event and history of western slope of South Urals). Proceedings of conference «Nauka, priroda i obschestvo», Miass-Ekaterinburg, UB RAS, 2010, pp. 22–26.
10. Kovalev S. G., Vysotskii I. V., Michurin S. V., Kovalev S. S. *Geologiya, mineralogiya i metallogenicheskaya spetsializatsiya uglerodsoderzhaschih tolsch Uluelginsko-Kudashmanovskoi zony (zapadnyi sklon Yuzhnogo Urala)* (Geology, mineralogy and metallogenetic specialization of carboniferous strata of Uluelginsko-Kudashmanovaya zone (western slope of South Urals)). Litosfera, 2013, No. 3, pp. 67–88.
11. Kozlov V. I., Puchkov V. N., Krasnobaev A. A., Nehorosheva A. G., Busharina S. V. *Arshinii - novyi straton rifeya v stratotipicheskikh razrezah Yuzhnogo Urala* (Arshiny – new Riphean straton in stratotypical sections of South Urals. Geological collection No. 9. Ufa, DizainPoligrafServis, 2011, pp. 3–8.
12. Krasnobaev A. A., Kozlov V. I., Puchkov V. N., Larionov A. N., Nehorosheva A. G., Berezhnaya N. G. *O vozraste Barangulovskogo gabbro-granitnogo kompleksa Yuzhnogo Urala* (About age of Barangulovsky gabbro-granitic complex of South Urals). Geological collection No. 6. Ufa, DizainPoligrafServis, 2007, pp. 7–16.
13. Lennykh V. I. *Zonalnost i etapy metamorfizma, proyavivshegoся v miogeosinklinal'noi oblasti Yuzhnogo Urala* (Zoning and metamorphism stages developed in miogeosyncline area of South Urals). *Absolutnoe datirovanie tektonomagmaticheskikh tsiklov i etapov orudennosti po dannym 1964 g* (Absolute dating of tectonic-magmatic cycles and ore stages according to data in 1964). Moscow, Nauka, 1966, pp. 169–183.
14. Lennykh V. I. *Eklogitovyi i glaukofanovyi metamorfizm v geologicheskoi istorii Urala* (Eclogite and blueshists metamorphism in geological history of Urals). Magmatizm, metamorfizm i rudoobrazovanie v geologicheskoi istorii Urala. Sverdlovsk, UNTs AN SSSR, 1974, pp. 170–183.
15. Meison R. *Petrologiya metamorficheskikh porod* (Metamorphic rocks petrology). Moscow, Mir, 1981, 263 pp.
16. Perchuk A. L., Aranovich L. Ya. *Termodinamika zhadeit-diopsid-gedenbergitovogo tverdogo rastvora* (Thermodynamics of jadeite-diopside-hedenbergite solid solution). Geohimiya, 1991, No. 4, pp. 539–547.
17. Perchuk L. L. *Ravnovesiya porodoobrazuyushchih mineralov* (Balances of rock-forming minerals). Moscow, Nauka, 1970, 392 pp.
18. Pindyurina E. O. *Novye dannye po termobarometrii eklogitov Beloretskogo metamorficheskogo kompleksa (Yuzhnyi Ural)* (New data on thermobarometry of eclogites of Beloretsky metamorphic complex (South Urals). *Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geoekologii Bashkortostana, Urala i sopredel'nyh territorii*: Proceedings of conference. Ufa, 2014, Dizain-Press, 2014, pp. 157–159.
19. Puchkov V. N. *Paleogeodinamika Yuzhnogo i Srednego Urala* (Paleogeodynamics of South and Middle Urals). Ufa, Dauriya, 2000, 146 pp.
20. *Stratigraficheskie shemy Urala (dokembrii, paleozoi)* (Stratigraphic maps of Urals (Precambrian, Paleozoic)). Ekaterinburg, 1993, 152 pp.
21. Glasmacher U. A., Reynolds P., Alekseyev A. A. et al. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Thermo-chronology west of the Main Uralian fault, Southern Urals, Russia. *Geol. Rundschau*. 1999. V. 87. pp. 515–525.
22. Glasmacher U. A., Bauer W., Giese U., Reynolds P., Kober B., Stroink L., Alekseyev A., Puchkov V.N., Willner A.P. The metamorphic complex of Beloretsk, SW Urals, Russia a terrane with a polyphase Meso- to Neoproterozoic thermo-dynamic evolution. *Prec. Res.* 2001. V. 110, No. 1(4). pp. 185–213.
23. 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, No. 1. pp. 13–22.
24. Hammarstrom J. M., Zen E-An. Aluminium in hornblende: an empirical igneous geobarometer. *Amer. Miner.* 1986. V. 71, No. 11/12. pp. 1297–1313.
25. Holland T. J. The reaction albite = Jadeite + quartz determined experimentally in the range 600–1200 grad. *C. Amer. Mineral.* 1980. V. 65, No. 1. pp. 129–134.
26. Liu J., You Z., Zhong Z. Eclogites from the middle and north of Dabie Mountains in southern Henan and northern Hubei, China. *Science in China (Series D)*. 1996. V. 39, No. 3. pp. 293–299.
27. Maruyama, S., Liou, J. G., and Terabayashi, M. Blueschists and eclogites of the world, and their exhumation: International Geology Review, 1996, v. 38,



- pp. 485–594.
28. Newton R.C., Kennedy G.C. Some equilibrium reaction in the join $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8-\text{H}_2\text{O}$. *J. Geophys. Research.* 1963. V. 68, No. 10. pp. 2967–2983.
29. Powell R. Regression diagnostics and robust regression in geothermometer/geobarometer calibration: the garnet-clinopyroxene geothermometer revised. *J. Metamorphic Geol.* 1985. V. 3, No. 3. P. 231–243.
30. 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.
31. Willner A. P., Ermolaeva T., Stroink L., Glasmacher U. A., Giese U., Puchkov V. N., Kozlov V. I., Walter R. Contrasting provenance signals in Riphean and Vendian sandstones in the SW Urals (Russia): constraints for a change from passive to active continental margin conditions in the Neoproterozoic. *Precambrian Research.* 2001. V. 110, (1–4), pp. 215–239.
32. Willner A., Sindern S., Ermolaeva T., Kramm U., Puchkov V. et al. Typology and single grain U/Pb ages of detrital zircons from Proterozoic sandstones in the SW Urals (Russia): early time markers at the eastern margin of the Baltica. *Prec.Res.* 2003. 134. pp. 1–20.
33. Willner A. P., Wartho J.-A., Kramm U., Puchkov V. N. Laser 40Ar-39Ar ages of single detrital white mica grains related to the exhumation of Neoproterozoic and Late Devonian high pressure rocks in the Southern Urals (Russia). *Geol. Mag.* 2004. 141 (2). pp.161–172.

Рецензент
д. г.-м. н. А. М. Пыстин



УДК 549+550.4 (234.853)

СОВРЕМЕННЫЕ КОНКРЕЦИИ: МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ПОДХОД

Часть 1. ПЕСЧАНИКОВЫЕ ОБОСОБЛЕНИЯ С БАКТЕРИАЛЬНЫМ КАРБОНАТНЫМ ЦЕМЕНТОМ (П. ВОЛНА, КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ)

Л. В. Леонова¹, Ю. С. Симакова², Л. Ю. Кузьмина³, А. С. Рябова³,
С. Э. Борич⁴, С. П. Главатских¹, О. Я. Червяцова⁵

¹Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, lyleonova@yandex.ru

²Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, yulia5-07@mail.ru

³Уфимский Институт биологии, Уфа, ljkuz@anrb.ru

⁴ОАО «Уралгидроэкспедиция», Екатеринбург, svetlana.borich@gmail.com

⁵Государственный заповедник «Шульган-Таш», д. Иргизлы, Башкортостан, kittary@yandex.ru

В статье представлены результаты минералогических исследований песчаниковых обособлений (конкремций) из современных отложений у поселка Волна (Краснодарский край), ассоциирующих с зонами разгрузки газофлюидных высачиваний. Использован комплекс современных методов. Наличие бактериальных пленок и бактериоморфных карбонатных образований, следы биокоррозии и кrustификация железобактериями зерен кварца, минерализация бактериальных остатков оксидами железа указывают на высокую активность сообществ прокариот, развивавшихся вблизи этих источников. Полученные данные позволяют обосновать раннедиагенетическое происхождение конкреций и получить информацию о специфике и условиях развития палеобактериальных сообществ.

Ключевые слова: конкреции, бактериальная деятельность, биогенные карбонаты и кремни, минералогические методы, эксперимент.

MODERN NODULES: MINERALOGICAL INVESTIGATION AND MODELLING EXPERIMENTS

Part 1. SANDSTONE FORMATIONS WITH BACTERIAL CARBONATE CEMENT (SETTLEMENT VOLNA, KRASNODAR REGION)

L. V. Leonova¹, Yu. S. Simakova², L. Yu. Kuzmina³, A. S. Ryabova³, S. E. Borich⁴,
S. P. Glavatskikh¹, O. Ya. Cherviatsova⁵

¹Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS, Yekaterinburg

²Institute of Geology, Komi Science Center, Urals Branch of RAS, Syktyvkar

³Institute of Biology, Ufa Scientific Center of RAS, Ufa

⁴OAS «Uralhydroexpeditsia», Yekaterinburg

⁵Shulgan-Tash State Nature Reserve, Irgizly, Bashkortostan

The results of mineralogical investigation of nodule formations from modern deposits near Volna settlement (Krasnodar region) are presented in the article. Complex of modern investigating methods is used. Nodules are connected with zones of gaseous-fluid seepage. Presence in the nodules of bacterial films and bacteriomorphic carbonate formations, traces of biocorrosion and crustification of quartz grains by iron bacteria, mineralization of bacterial remains by iron oxides and hydroxides indicates high activity of prokaryotic community developed near this seeps. Our data allow to prove early-diagenetic origin of nodules and to get information about peculiarities and conditions of paleobacterial community development.

Keywords: Nodules, Bacterial activity, Biogenic carbonates and flints, Methods of investigation, experiments.

Введение

Конкремции известны в осадочных отложениях от докембрийского до кайнозойского возраста. Некоторые из них, в частности карбонатные, могут

иметь идентичный с вмещающими породами минеральный состав, отличаясь от них специфичной морфологией микрокристаллов и агрегатов, благодаря чему и обособляются от породы.

Среди признаков, указывающих на образование конкреций одновременно с осадком, можно отметить огибание обособлений подстилающими и перекрывающими слойками, наличие вы-

ступов внешнего неровного края обособления, «карнизов нарастания», соответствующих поверхностям напластования и иногда прослеживаемых через субстрат обособления. По ним конкреции могут распадаться на дискретные пластины (рис. 1, а), или их рост прерывается на уровне одной из поверхностей (рис. 1, б), что указывает на развитие этих образований по мере формирования осадка.

образования конкреций связывает ведущую роль в концентрации вещества с жизнедеятельностью микробиальных сообществ, в составе которых присутствуют прокариоты, способные осаждать различные минералы [10]. Экспериментальными работами доказано, что чехлы цианобактерий, осаждая карбонаты, фосфаты или двуокись кремния [3], литифицируются всего за несколько часов и способны сохра-

ществ дают результаты экспериментального микробиального осаждения карбонатов.

Объект и методы исследований

Конкремационные образования, не претерпевшие постседиментационных изменений, были нами обнаружены в окрестностях п. Волна (Темрюкский р-н, Таманский п-ов) (рис. 2). На

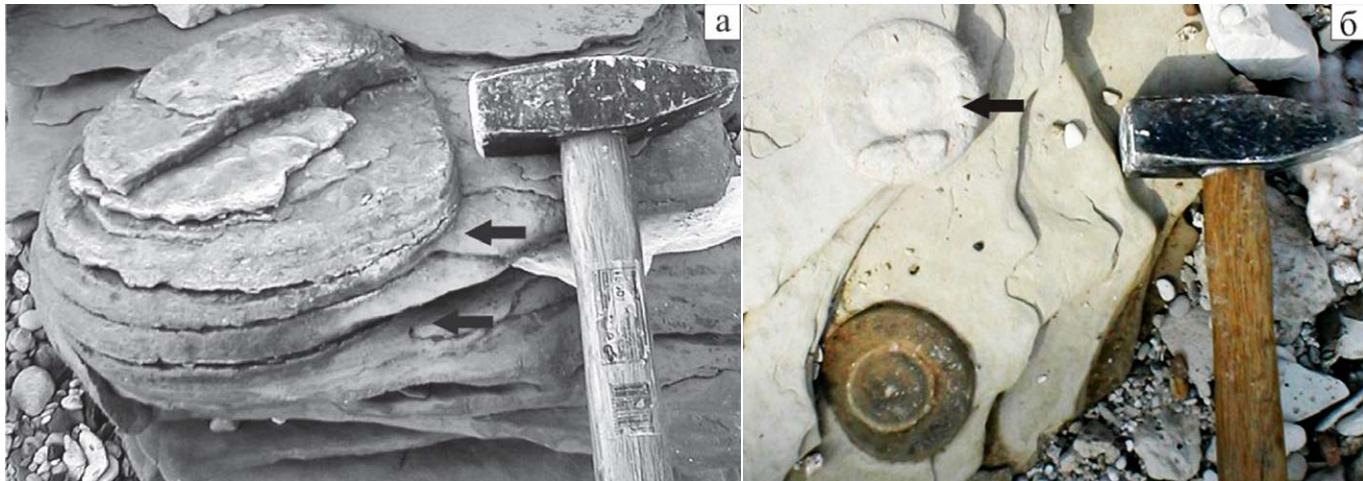


Рис. 1. Признаки, указывающие на синседиментационное образование конкреций: а — поверхности напластования, прослеживаемые через субстрат обособления, по которым конкреции могут распадаться на дискретные пластины; б — прерванный рост единиц на одной из поверхностей напластования. Конкреции из верхнепермских доломитовых отложений (правый берег р. Волги, п. Красновидово)

Fig. 1. Signs indicating the synsedimentary formation of nodules: a — bedding surfaces, traceable through the separation substrate on which the nodules may break down into discrete plates; b — interrupted growth of units at one of the surfaces of bedding. Nodules are from the Upper Permian dolomite deposits (right bank of the Volga River, Krasnovidovo)

В толщах пород по латерали конкреции распространены на локальных участках, в плане образуя «луга», а по вертикали часто прослеживаются из слоя в слой. Такое расположение в породах связано с локально распространёнными и периодически возобновлявшимися событиями, происходившими в истории развития изучаемой палеоакватории.

Однако откуда поступает вещество и каков механизм отложения минералов, слагающих обособления, на каких стадиях формирования пород (или осадка) это происходит и за какой промежуток времени — эти вопросы остаются дискуссионными до настоящего времени. Так, ряд исследователей придерживается модели хемогенного стяжения вещества [6, 9] при формировании конкреций на разных стадиях диагенеза и катагенеза и не считают их информативными для решения палеоэкологических и стратиграфических задач.

В эту модель не вписывается обование конкреций идентичного с вмещающими породами минерально-гого состава. Альтернативная гипотеза

няться как микрофоссилии в осадочных образованиях. Это подтверждается находками минерализованных остатков ископаемых цианобактерий и бактерий, захороненных в субстрате древнейших отложений [1] и конкреций [7, 8]. Разработка новых методик и более доступные электронно-микроскопические исследования позволяют осуществить в лабораторных условиях непосредственное наблюдение за процессом бактериального осаждения веществ, включая карбонаты.

Благодаря этой точке зрения стало возможным не только обоснование их раннедиагенетического происхождения, но и получение информации о специфике и условиях развития палеобактериальных сообществ.

В этом случае в качестве объектов исследований наиболее интересны обособления из молодых, а ещё лучше — современных отложений, не подвергавшихся существенным изменениям, связанным с тектоническими или гидротермально-метасоматическими наложенными процессами. Определённую информацию для понимания специфики отложения ве-

риц. 2 цифрой 1 обозначено место находок обособлений, представляющих собой песчаники с карбонатным цементом. Они приурочены к линзе песка (рис. 3, а), вскрытой вдоль береговой линии (\approx в 10 м. от Рыбачьего спуска по направлению к мысу Железный Рог) и залегающей стратиграфически выше отложений палеогена. Вблизи от исследуемых песчаников наблюдается горизонтальная зона разгрузки слабоминерализованных вод. Вода сочится из-под уплощенной линзы серо-голубой глины, образовавшейся предположительно в результате деятельности грязевого вулкана в позднепалеогеновое время. По полевым наблюдениям 2015 года следует отметить появление «ржавых» потёков, свидетельствующих о присутствии в составе вод железа, фиксируемого бактериями в виде плёнок на песке.

Конкреции (2–10 см длиной) имеют светлую окраску и каплевидный облик (рис. 3, б), реже встречаются шарообразные или неправильно-эллипсоидальные формы. В некоторых из них наблюдаются микропрослои и закономерно расположенные



Рис. 2. Космоснимок места находок изучаемых конкреций: Таманский п-ов, Краснодарский кр., Темрюкский р-н, п. Волна. Точки 1 и 2 — места нахождения конкреционных образований, не претерпевших постседиментационных изменений

Fig. 2. Space image of occurrences of the studied nodules: Taman Peninsula, Krasnodar region, Temryuk district, settlement of Volna. Points 1 and 2 — locations of concretions without postsedimentary changes

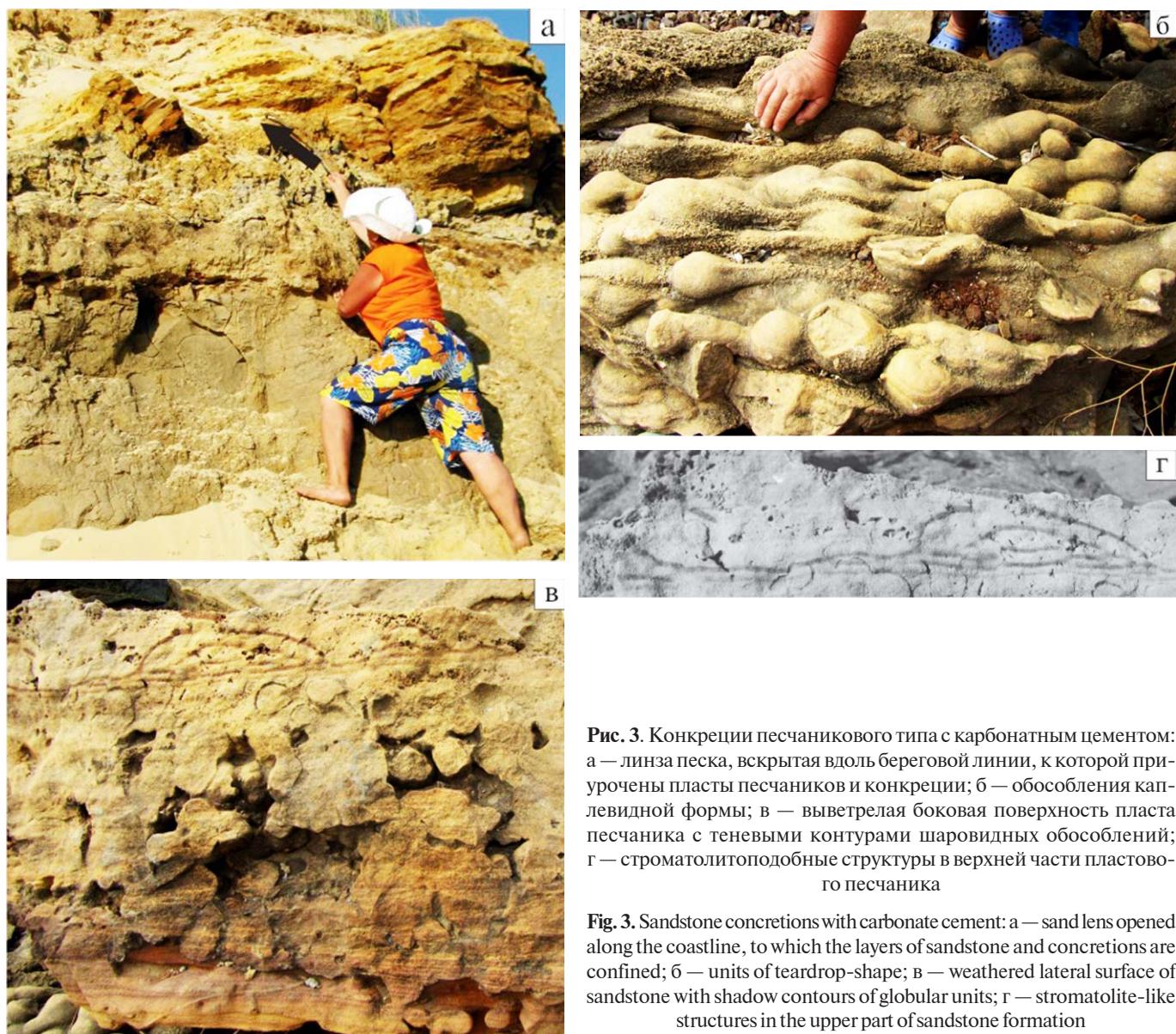


Рис. 3. Конкреции песчаникового типа с карбонатным цементом: а — линза песка, вскрытая вдоль береговой линии, к которой приурочены пласты песчаников и конкреций; б — обособления каплевидной формы; в — выветрелая боковая поверхность пласта песчаника с теневыми контурами шаровидных обособлений; г — строматолитоподобные структуры в верхней части пластово-го песчаника

Fig. 3. Sandstone concretions with carbonate cement: a — sand lens opened along the coastline, to which the layers of sandstone and concretions are confined; b — units of teardrop-shape; в — weathered lateral surface of sandstone with shadow contours of globular units; г — stromatolite-like structures in the upper part of sandstone formation

вкрапления оксидно-железных минералов. Обособления могут быть индивидуализированы или сливаться в слоистые или массивные пластовые песчаники. Иногда на выветрелой боковой поверхности таких пластов наблюдаются теневые контуры шаровидных обособлений (рис. 3, в) и строматолитоподобные структуры (рис. 3, г), поверхность слойков которых маркируется железооксидными минералами. Образцы обособлений изучались методами сканирующей электронной микроскопии СЭМ (JSM-6390LV JEOL, углеродное напыление), энергодисперсионной спектрометрии (ЭДС — Inca Energy 450) и рентгеновской дифрактометрии (дифрактометр Shimadzu XRD-6000, излучение CuK α).

Результаты

На микрофотографиях СЭМ можно видеть, что окатанные зерна кварца крастифицированы корочками железооксидных минералов (рис. 4, а), представляющих собой псевдоморфозы по остаткам нитчатых железобактерий (рис. 4, б), непосредственно участвовавших в образовании цемен-

та на ранних этапах формирования конкреций. Агрегаты преобладающей кальцитовой компоненты цемента плотно упакованы, но на поверхностях сколов наблюдаются бактериальные плёнки и карбонатные биоморфные специфические образования и обрастания остатков микрофлоры (радиолярий?) (рис. 4, в), указывающие на наличие в экосистеме сообществ прокариот, способных отлагать карбонаты. Вполне возможно, что кальцит цемента обособлений сформировался преимущественно биохемогенным путём, при котором благодаря бактериальной жизнедеятельности меняется pH среды и кальцит осаждается из раствора.

Итак, присутствие бактериальных плёнок, следы биокоррозии и крастификация железобактериями поверхностей зерен кварца, минерализация бактериальных остатков оксидами железа, наличие бактериоморфных карбонатных образований и обрастаний указывают на высокую активность прокариот, развивавшихся вблизи источника высасывания минерализованных вод. Сейчас минерализация воды недостаточна для осажде-

ния кальцита, хотя цианобактериальные поселения распространены в зоне сощающейся воды.

На космоснимке (рис. 2) в этом же районе цифрой 2 обозначено место находок современных обособлений, сформировавшихся в течение 55 лет на обрезке железной арматуры (~1.7 м). Артель местных рыбаков с 1960 года использует эти пруты как опору для закрепления сетей в волноприбойной зоне. Во время штормов некоторые из них могут быть выдернуты из песчано-глинистого грунта и перемещены в зону пляжа. Лишь на одной из шести опор наблюдалось интенсивное обрастание железомарганцевой корочкой, повторяющей скульптуру арматуры, раковинами двустворчатых моллюсков, также здесь обнаружено несколько обособлений (рис. 5, а, в). Их расположение на разной высоте с разных сторон опоры и структурные характеристики свидетельствуют о том, что обособления ($\approx 3 \times 5$ см), формировались в придонном слое воды, когда арматура находилась в вертикальном положении. Обособление 1, расположенное в верхней части опоры, имеет округлую

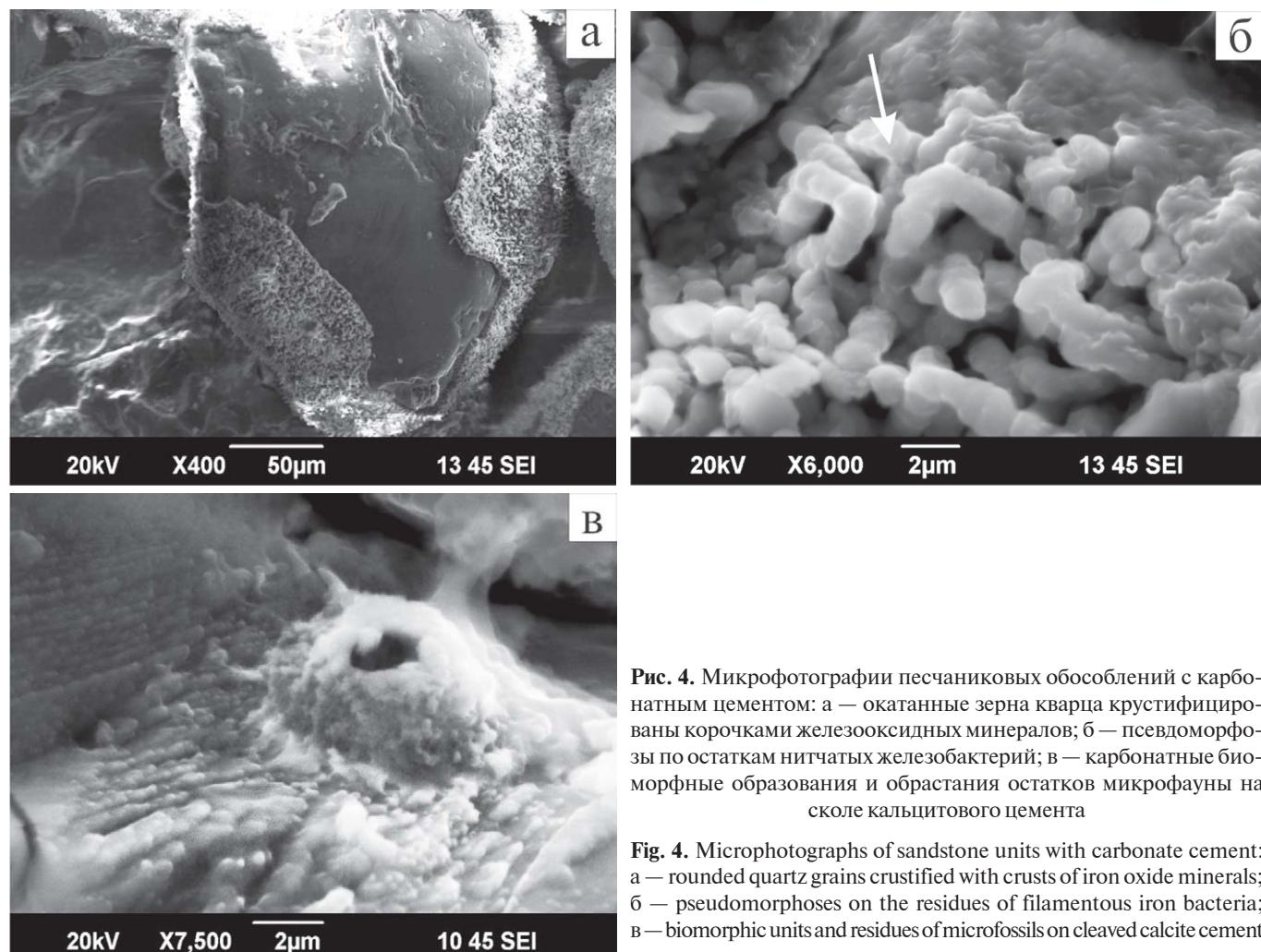


Рис. 4. Микрофотографии песчаниковых обособлений с карбонатным цементом: а — окатанные зерна кварца крастифицированы корочками железооксидных минералов; б — псевдоморфозы по остаткам нитчатых железобактерий; в — карбонатные биоморфные образования и обрастания остатков микрофлоры на сколе кальцитового цемента

Fig. 4. Microphotographs of sandstone units with carbonate cement: а — rounded quartz grains crustified with crusts of iron oxide minerals; б — pseudomorphoses on the residues of filamentous iron bacteria; в — biomorphic units and residues of microfossils on cleaved calcite cement

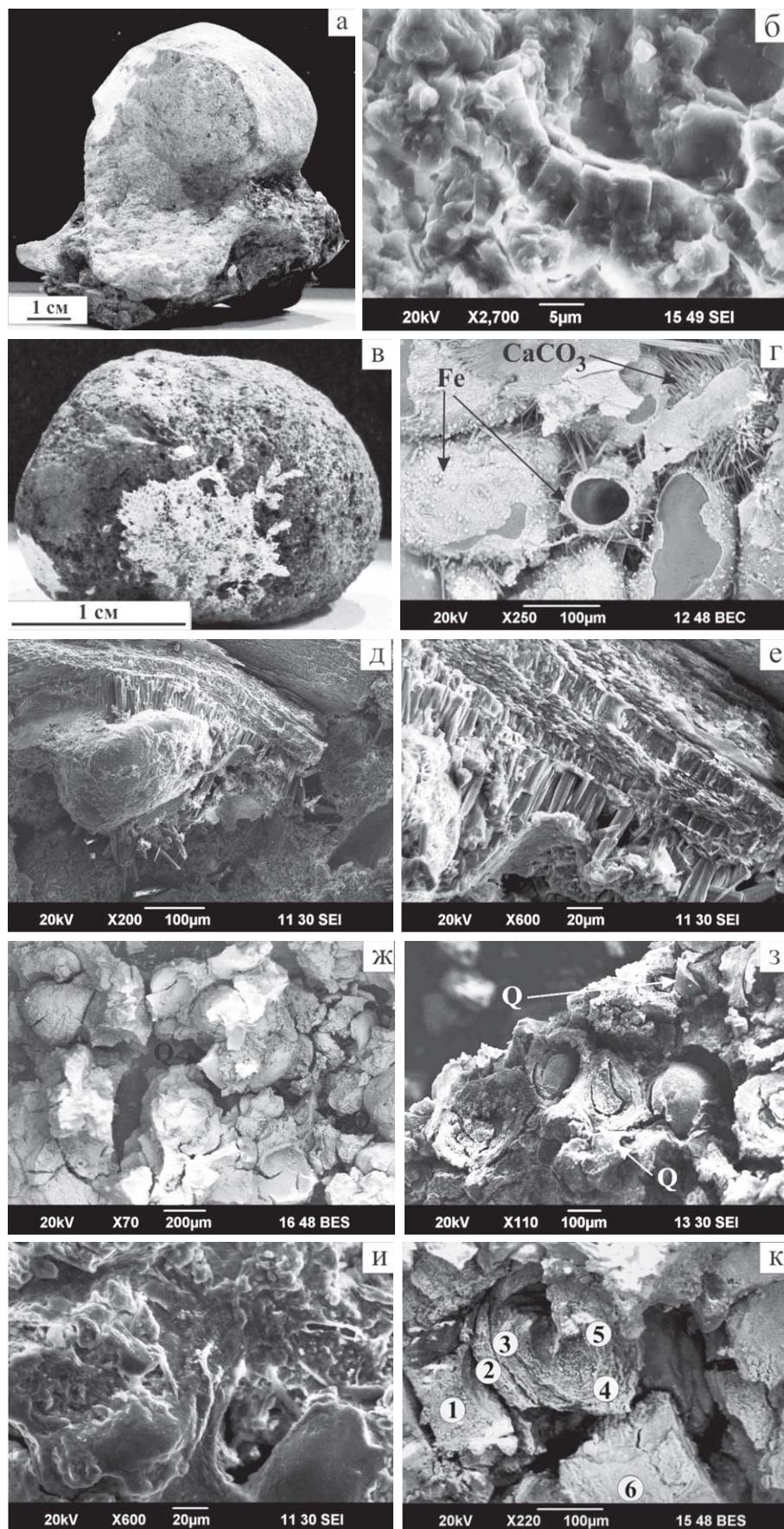


Рис. 5. Современные морские песчаниковые обособления п. Волна: а — обособление 1 из верхней части опоры, песчаник с кальцитовым цементом; б — агрегаты кальцитового цемента призматического облика; в — обособление 2, песчаник с кальцит-железистым цементом; г — чехлы водорослей (?), минерализованные окислами Fe, также выступающие в роли цемента; д — разновидность карбонатного цемента обособления 2; е — фрагмент карбонатного цемента с ритмично-слоистым строением; ж — обособление 3 со специфичным по структуре скорлуповатым цементом; з — обломочная компонента, представленная преимущественно зёрнами кварца (Q), скементирована «попутно» в процессе нарастания новых слойков и срастания оолитов между собой; и — остатки минерализованных бактериальных плёнок в оболочках оолитов обособления 3; к — микрофотография точечного элементного ЭДС-анализа оболочки оолита обособления 3

Fig. 5. Modern marine sandstone units near settlement of Volna: a — unit 1 from the upper part of the support, sandstone with calcite cement; б — calcite cement aggregates of prismatic shape; в — unit 2, sandstone with calcite-ferrous cement; г — covers of algae (?) mineralized by Fe oxides, also as cement; д — variety of carbonate cement of unit 2; е — fragment of carbonate cement with rhythmically-layered structure; ж — unit 3 with a specific shelly cement; з — clastic component represented by mainly quartz grains (Q), cemented in the process of growth of new laminas and accretion of oolites; и — remains of mineralized bacterial films in the shells of oolites of unit 3; к — microphotograph of point elemental EDS-analysis of oolite shell of unit 3



форму (рис. 5, а), светлую окраску, но первоначально его поверхность была покрыта тонкодисперсным веществом черного цвета, легко удалившимся при механическом трении в процессе высыхания и транспортировки. Это песчаник базального типа, обломочная компонента представлена преимущественно слабоокатанными зернами кварца без гравитационной сортировки. Минералы цемента существенно преобладают и, по данным рентгеновской дифрактометрии, представлены кальцитом с примесями иллита и полевого шпата. Агрегаты и микрокристаллы цемента имеют таблитчатый, розетковидный или призматический облик (рис. 5, б). Хотя микрофоссилии в современной карбонатной конкреции не обнаружены, сложно представить хемогенное осаждение кальцита на куске арматуры в толще воды с регулярным перемешиванием в условиях волноприбойной зоны. Обособление 2 из средней части опоры имеет эллипсоидальную форму и бурую окраску, поверхность колонизирована мшанками (рис. 5, в). В составе этой песчаниковой конкреции отмечается преобладание обломочной компоненты над минералами цемента. Тип цемента смешанный: кроме плёночной цементации зерен минералами железа наблюдаются игольчатые агрегаты CaCO_3 и минерализованные чехлы водорослей (?), выступающие в роли цемента (рис. 5, г). Также встречается карбонатный цемент с ритмично-слоистым строением, где слойки представлены чередованием калиброванных коротко- и удлинённо-призматических кристаллов (рис. 5, д, е). Такая специфика кальцитовых образований подразумевает микробиальное плёночное отложение кальцита и типична для микрослоистых образований типа «мраморных ониксов», которые образуются в полостях при избирательном выщелачивании карбонатных пород под воздействием углеводородсодержащих флюидов [5]. Для

железооксидных пленок, обволакивающих зерна кварца, характерны бактериоморфные структуры. Результаты рентгendifрактометрического анализа показывают, что кроме кварца и альбита обломочной компоненты присутствует кальцит, цементирующий песчинки, и примесные иллит и доломит. Минералы железа либо рентгеноаморфны, либо их количество ниже порога чувствительности прибора. Обособление 3 эллипсовидной формы бурого цвета, со специфичным по структуре склеруповатым цементом (рис. 5, ж). Обломочная компонента сцепментирована «попутно» в процессе нарастания новых слойков формирующихся оолитов и срастания их между собой (рис. 5, з). Рыхлая бесструктурная составляющая цемента, встречающаяся незакономерно как в ядре оолитов, так и в межоолитовом пространстве, имеет одинаковый минеральный состав с микрослоистыми, более плотными чешуйками. Минералы, слагающие нашу конкрецию и имеющие тонко- и ультрадисперсную размерность, известны как биогенные (бактериальные) [2, 4], а в чешуях оолитов встречаются остатки минерализованных бактериальных пленок (рис. 5, и), что подтверждает непосредственное участие прокариот в формировании этого обособления. Рентгendifрактометрическим анализом определены магнетит, гётит, иллит, лепидокрокит. Проведённый ЭДС-анализ показал, что в элементном составе слойков некоторых оолитов отмечается локально повышенное содержание марганца (рис. 5, к; таблица). Таким образом, эту конкрецию следует считать железистой, с нестабильным содержанием марганца, что допустимо для микробиальных образований.

Примечательно, что в относительно небольшой по мощности толще воды на железной опоре образовались минералы, осаждение которых требует условий, противоположных по pH. Обильное обрастанье же-

лезооксидной коркой и наличие конкреций только на одной из шести опор свидетельствуют о том, что рыбаки установили её в зоне разгрузки восходящих газофлюидных потоков с высокой минерализацией, сильно разубожить которую не удается постоянно движущейся воде волноприбойной зоны. Благодаря непрерывной поставке микроэлементов и элементных соединений, а также обилию органического углерода (метан), способствующего появлению и активизации деятельности различных бактериальных сообществ, за сравнительно короткое время сформировались обособления с различным минеральным составом цемента, в том числе и карбонатным.

Выходы

Подводя итог, можно отметить, что осаждение минералов бактериальным сообществом происходит в специфичных обстановках: в зонах разгрузки восходящих газофлюидных высасываний и минеральных вод. Первоначально песок цементируется минералами – оксидами железа, отложенными железобактериями. Вероятно, меняющийся состав поступающих газов и элементов позволяет поселиться здесь карбонатотлагающим бактериям, которые в процессе жизнедеятельности изменяют pH среды и опосредованно осаждают кальцит. Однако непосредственное наблюдение за процессом отложения вещества в природе невозможно, поэтому в перспективе необходимо обратиться к лабораторно-природным экспериментам, направленным на получение и изучение в лабораторных условиях карбонатов, осаждённых с помощью сообществ бактерий *in vitro*.

Работа выполнена в рамках проекта «Роль биогенного фактора в процессах формирования тонкодисперсных слоистых силикатов и марганецсодержащих минералов и руд» программы УрО РАН 15-18-5-49.

Полуколичественный анализ пробы черноморской современной Fe-Mn-конкремции (Краснодарский кр., Темрюкский р-н, п. Волна)

Semi-quantitative analysis of sample of Black Sea modern Fe-Mn-nodule (Krasnodar region, Temryuk district, settlement of Volna)

Спектры №	Элементы, вес. %														Итог %
	O	Mg	Al	Si	K	Ti	Mn	Fe	P	S	Cl	Ca	Na	C	
1	45.85	0.83	3.25	13.50	0.83	1.59		26.05		0.68		1.32	6.11		100
2	15.49			6.54			38.79	39.20							100
3	35.44		1.78	8.93			15.16	27.45						11.25	100
4	24.39			4.99			12.41	58.21							100
5	29.24		1.83	6.67			1.40	51.82						9.05	100
6	52.46	1.59	3.79	9.42	0.76		10.01	17.48	0.48	0.48	0.80	0.84	1.89		100



Литература

- 1.** Астафьева М. М., Герасименко Л. М., Гептнер А. Р., Жегалло Е. А., Жмур С. И., Карпов Г. А., Орлеанский В. К., Пономаренко А. Г., Розанов А. Ю., Сумина Е. Л., Ушатинская Г. Т., Хувер Р., Школьник Э. Л. Ископаемые бактерии и другие микроорганизмы в земных породах и астроматериалах. Москва: ПИН РАН, 2011. 172 с.
 - 2.** Верховцева Н. В. Образование бактериями магнетита и магнитотаксис // Успехи микробиологии. М.: Наука, 1992. Т. 25. С. 51–79.
 - 3.** Герасименко Л. М., Сапова Е. В., Орлеанский В. К., Ушатинская Г. Т., Жегалло Е. А., Розанов А. Ю., Заварзин Г. А. Силицификация цианобактерий в лабораторной культуре // Кварц. Кремнезем. Сыктывкар: Геопринт, 2004. С. 276–277.
 - 4.** Дубинина Г. А. Биология железобактерий и их роль в образовании железомарганцевых руд: Автореф. дис. док. биол. наук. М., 1977. 64 с.
 - 5.** Королев Э. А., Хузин И. А., Леонова Л. В., Галеев А. А. Минералогические особенности аутигенных кальцитов Сюккесского месторождения битумов как результат взаимодействия биогенных и abiогенных факторов // Учен. зап. Казанского университета. Сер. Естеств. науки. 2008. Т. 150. Кн. 2. С. 162–168.
 - 6.** Македонов А. В., Зарицкий П. В. Конкремцеобразование и стадийность литогенеза // Конкремции и конкремционный анализ. М.: Наука, 1977. С. 5–17.
 - 7.** Сергеев В. Н. Окременные микрофоссилии докембрия и нижнего кембрия Урала и Средней Азии: природа, классификация и стратиграфическое значение: Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук: 04.00.09 / АН СССР. Геол. ин-т. Москва, 1989. 23 с.
 - 8.** Сергеев В. Н. Окременные микрофоссилии докембрия: природа, классификация, фациальная приуроченность и биостратиграфическое значение: Дис. доктора геол.-мин. наук: 25.00.02. Москва, 2003. 319 с.
 - 9.** Страхов Н. М. Основы теории литогенеза. Москва: Изд. АН СССР, 1962. Т. 2. 538 с.
 - 10.** Ушатинская Г. Т., Герасименко Л. М., Жегалло Е. А., Орлеанский В. К. Роль бактерий в осаждении карбонатов, фосфатов и силикатов в природных условиях и в эксперименте // Происхождение и эволюция биосферы: Международ. рабочее совещ.: Тезисы докладов. Новосибирск: Институт катализа, 2005. С. 177–178.
- References**
- 1.** Astafheva M. M., Gerasimenko L. M., Geptner A. R., Zhegallo E. A., Zhmur S. I., Karpov G. A., Orleanskij V. K., Ponomarenko A. G., Rozanov A. YU., Sumina E. L., Ushatinskaya G. T., Huver R., Shkolnik E. L. *Iskopаемые bakterii i drugie mikroorganizmy v zemnyh porodah i astromaterialah* (Fossil bacteria and other microorganisms in the rocks and astromaterials). Moscow PIN RAN, 2011, 172 pp.
 - 2.** Verkhovceva N. V. *Obrazovanie bakteriyami magnetita i magnitetaksis* // *Uspekhi mikrobiologii* (Formation of magnetite and magnetotaxis by bacteria). Moscow, Nauka, 1992, V. 25, pp. 51–79.
 - 3.** Gerasimenko L. M., Sapova E. V., Orleanskij V. K., Ushatinskaya G. T., Zhegallo E. A., Rozanov A. YU., Zavarzin G. A. *Silicifikaciya cianobakterij v laboratornoj kultury* (Silification of cyanobacteria in laboratory culture). Quartz Silica. Proceedings of Int. Seminar. Syktyvkar, Geoprint, 2004, pp. 276–277.
 - 4.** Dubinina G. A. *Biologiya zhelezobakterij i ih rol v obrazovanii zhelezomargancevyh rud* (Biology of iron bacteria and their role in formation of iron manganese ores). Extended abstract. Moscow, 1977, 64 pp.
 - 5.** Korolev E. A., Khusin I. A., Leonova L. V., Galeev A. A. *Mineralogical Specifics of Authigenic Calcites from Sukeevskoye Bituminous Occurrence Resulting from Interaction between Biogenic and Abiogenic Factors* Sci. Proceedings of Kazan University. Series of natural sciences. 2008, V. 150, Book 2, pp. 162–168.
 - 6.** Makedonov A. V., Zarickij P. V. *Konkrecieobrazovanie i stadijnost' litogeneza* (Concretion formation and stages of lithogenesis). Konkrecii i konkrecionnyj analiz. Moscow: Nauka, 1977, pp. 5–17.
 - 7.** Sergeev V. N. *Okremennyye mikrofossiliu dokembriya i nizhnego kembriya Urala i Srednej Azii: priroda, klassifikasiya i stratigraficheskoe znachenie* (Silification of Precambrian and Lower Cambrian microfossils of Urals and Middle Asia: nature, classification and stratigraphic value). PhD thesis: 04.00.09 / AN USSR, Geol. in-t, Moscow, 1989, 23 pp.
 - 8.** Sergeev V. N. *Okremennyye mikrofossiliu dokembriya: priroda, klassifikasiya, facial'naya priurochennost' i biostratigraficheskoe znachenie* (Silification of Precambrian microfossils: nature, classification, facial confineness and biostratigraphic value). Doctoral Thesis. Moscow, 2003, 319 pp.
 - 9.** Strahov N. M. *Osnovy teorii litogeneza* (Lithogenesis theory basics). V. 2, Moscow, AN USSR, 1962, 538 pp.
 - 10.** Ushatinskaya G. T., Gerasimenko L. M., Zhegallo E. A., Orleanskij V. K. *Rol bakterij v osazhdennii karbonatov, fosfatov i silikatov v prirodnnyh usloviyah i v ehksperimente* (Role of bacteria in deposition of carbonates, phosphates and silicates in natural conditions and in experiment). Abstracts, Novosibirsk, 2005, pp. 177–178.

Рецензент
д. г.-м. н. А. И. Антошкина



ГЕНЕЗИС ВОД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА



Н. Н. Зыкин¹, Н. В. Сокерина²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий
(ООО «Газпром ВНИИГАЗ»), Москва

nznz@yandex.ru

²Институт геологии Коми научного центра УрО РАН, Сыктывкар
sokerina@geo.komisc.ru

Генезис гидротермальных месторождений во многом определяется источником и генезисом вод рудообразующих флюидов. С целью выявления генезиса золоторудных и кварцевых месторождений Приполярного Урала проведены изотопные исследования водорода (δD) и кислорода ($\delta^{18}O$) водной и газовой фаз из флюидных включений синегенетических с рудами минералов. Приведены данные по изотопному составу кислорода и водорода вод современных гидротермальных систем, δD и $\delta^{18}O$ вод из флюидных включений других гидротермальных месторождений мира и изотопному составу вод их возможных источников (метеогенных, захоронённых, метаморфогенных, «ювенильных»). Показано, что в рудообразующих растворах месторождений Приполярного Урала, как и других гидротермальных месторождений, доминирует вода метеогенного генезиса и вода дегидратации OH^- -содержащих минералов.

Ключевые слова: *флюидные включения, изотопный состав кислорода, изотопный состав водорода вод.*

GENESIS OF WATER OF HYDROTHERMAL DEPOSITS OF SUBPOLAR URALS

N. N. Zykin¹, N. V. Sokerina²

¹All-Russian Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies (Gazprom VNIIGAZ), Moscow

²Institute of Geology of Komi Science Center of UB RAS (IG Komi SC UB RAS), Syktyvkar

The genesis of hydrothermal deposits is largely determined by the source and genesis of ore-forming fluids. To identify the genesis of gold deposits and quartz deposits of Subpolar Urals we held isotope studies of hydrogen (δD) and oxygen ($\delta^{18}O$) of water and gas phases from fluid inclusions of the ore-syngenetic minerals. We present data on the isotopic composition of oxygen and hydrogen of waters of modern hydrothermal systems, δD and $\delta^{18}O$ of water from fluid inclusions of other hydrothermal deposits of the world, and the isotopic composition of the waters of their possible sources (meteogenic, buried, metamorphogenic, «juvenile»). It is shown that the ore-forming solutions of Subpolar Urals deposits, as well as other hydrothermal deposits, are predominated by water with meteogenic genesis and water of dehydration of OH^- -containing minerals.

Keywords: *fluid inclusions, isotopic composition of oxygen, isotopic composition of water hydrogen.*

Введение

В силу широкой распространённости и высокой подвижности, а также способности эффективно растворять вода является основным элементом практически всех рудных процессов. При образовании гидротермальных месторождений объёмы воды и пути её миграции определяют локализацию, морфологию и объёмы формирующихся залежей. Очевидно, что генезис гидротермальных месторождений во многом определяется источником и генезисом самих вод. Установ-

ление генезиса вод может способствовать как выявлению источников полезного компонента, так и условий, причин и механизмов формирования месторождений. В отличие от химического состава воды (наличия в ней солей, газов, органических соединений), изотопный состав кислорода и водорода является геохимической характеристикой собственно воды и при этом наиболее консервативным её параметром. С целью выявления генезиса золоторудных и кварцевых месторождений Приполярного Урала про-

ведены геохимические исследования флюидных включений из синегенетичных рудам минералов.

Объекты и результаты исследований

С целью определения источников вод гидротермальных растворов авторами был изучен изотопный состав кислорода кальцитов, δD водной и $\delta^{18}O$ газовой (CO_2) фаз газово-жидких включений из кварца и кальцита и вычислен изотопный состав кислорода воды рудообразующих флюидов



золоторудных месторождений «Синильга», «Верхненияюское-2», проявлений золота верховий р. Кожымью, а также месторождения горного хрустала «Желанное» Приполярного Урала. Изучение изотопного состава углерода и кислорода кальцитов проведены в группе изотопной

геохимии Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Изотопные исследования водной и газовых фаз флюидных включений выполнялись на масс-спектрометре МИ-1201М в лаборатории изотопных и ядерно-физических методов ВСЕГИНГЕО (МПР). Результаты изотопных ис-

следований приведены в таблице и на рисунке 1.

Для выявления генезиса вод рудообразующих растворов изученных месторождений важно сравнить изотопный состав вод и закономерности его изменения с таковыми для вод возможных источников.

Результаты изотопных исследований $\delta^{18}\text{O}$ кальцитов, δD и $\delta^{18}\text{O}$ водной и газовой фаз газово-жидких включений из кварца и кальцита золоторудных месторождений Приполярного Урала

Isotope studies of calcite $\delta^{18}\text{O}$, water and gas phase δD and $\delta^{18}\text{O}$ of gas-fluid inclusions from quartz and calcite of gold deposits of Subpolar Urals

№	№ пробы	Рудопроявление, минерал	$T_{\text{гом.}}/\text{°C}$	$\delta^{18}\text{O}(\text{CO}_2)$	$\delta^{18}\text{O}(\text{CaCO}_3)$	$\delta^{18}\text{O}(\text{H}_2\text{O})^*$	$\delta\text{D}(\text{H}_2\text{O})$
Верхненияюское-2							
1	545	нерудный кварц		нет CO_2			-92
2	550	нерудный кварц	70–384	+10.0		-7,5 ч +8	-106
3	533	нерудный кварц	70–384	+10.1		-7,5 ч +8	-105
4	531	нерудный кварц	70–384	+10.2		-7,5 ч +8	-102
5	CH 1	Кальцит	80–287		+11.5	-9 ч +9	
6	CH 14	Кальцит	80–287		+11.4	-9 ч +9	
7	CH 50	Кальцит	80–287		+12.2	-9 ч +9	
8	CH 99	Кальцит	80–287		+11.8	-9 ч +9	
Проявления в верховьях р. Кожымью							
9	652205-11	кальцит	243		+9.9	+3	
10	652205-1	кальцит	243		+10.6	+4	
11	652205-3	кальцит	-//-		+10.6	+4	
12	652205-9	кальцит	-//-		+9.6	+3	
13	652205-8	кальцит	-//-		+9.8	+3	
14	117406	кальцит	-//-		+13.2	+5	
15	117003	кальцит	-//-		+13.0	+5	
Желанное							
16	CK-1763	кварц серый	110–210				-73
17	CK-1763-2	кварц серый	110–210				-150
18	CK-1778	кварц серый	110–210				-58
19	CK-2208	кварц м/бел.	136–180				-64
20	CK-2210	кварц м/бел.	136–180				-165
21	CK-2214	кварц					-78
22	CK-2215	кварц					-57
23	CK-2225	кварц м/бел.	136–180				-42
24	CK-2227	кварц м/бел.	136–180				-44
25	CK-2234-1	горный хрусталь	161–250				-154
26	CK-2232	кварц п/прозрачный	161–250				-123
27	CK-2236	кварц п/прозрачный	161–250				-97
Синильга							
28	0611	кварц золоторудн.,	180–464	+11,9		-1ч+1,2	-124
29	0609	кварц золоторудн	180–464	+12,3		-6ч+1	-122
30	0613	кварц золоторудный	180–464	+9.7		-9ч+1	-106
31	0607	кварц незолоторудный	150–460	+9.5		-3ч+1	-132
32	0612	кварц незолоторудный	150–460	нет CO_2			-98
33	0604	кварц незолоторудный	150–460	нет CO_2			-37
34	0602	кварц незолоторудный	150–460	нет CO_2			-22

* – $\delta^{18}\text{O}(\text{H}_2\text{O})$ – вычисленные как равновесные с $\delta^{18}\text{O}(\text{CO}_2)$ и $\delta^{18}\text{O}(\text{CaCO}_3)$, $\delta\text{D}(\text{H}_2\text{O})$ – измеренные.

Потенциальные источники вод рудообразующих растворов и изотопный состав их кислорода и водорода

В качестве потенциальных источников сингенетичных с рудообразующими растворами вод могут рассматриваться мантийные («ювенильные»), инфильтрационные воды и метеогенные воды глубокой циркуляции, глубинные захоронённые, элизионные воды, а также воды дегидратации водо- и гидроксилсодержащих минералов («возрождённые» и «формационные»).

Изотопный состав океанических, морских, континентальных поверхностных (метеорных), грунтовых, вод артезианских бассейнов, т. е. вод зон свободного водообмена, лежит в диапазоне: $\delta D \approx 0 \div -420 \text{ ‰}$ и $\delta^{18}\text{O} \approx 0 \div -55 \text{ ‰}$ (SMOW). Для δD и $\delta^{18}\text{O}$ атмосферных осадков и формирующихся за их счёт рек, ледников и вод внутриконтинентальных водоёмов установлена линейная зависимость, которая описывается уравнением Крейга: $\delta D = 8 \cdot \delta^{18}\text{O} + 10, \text{ ‰}$ (SMOW) [4]. При этом в соответствии с климатической зональностью для метеогенных вод установлен субширотный характер распределения величин δD и $\delta^{18}\text{O}$. Наиболее «тяжёлые» метеорные воды развиты в экваториаль-

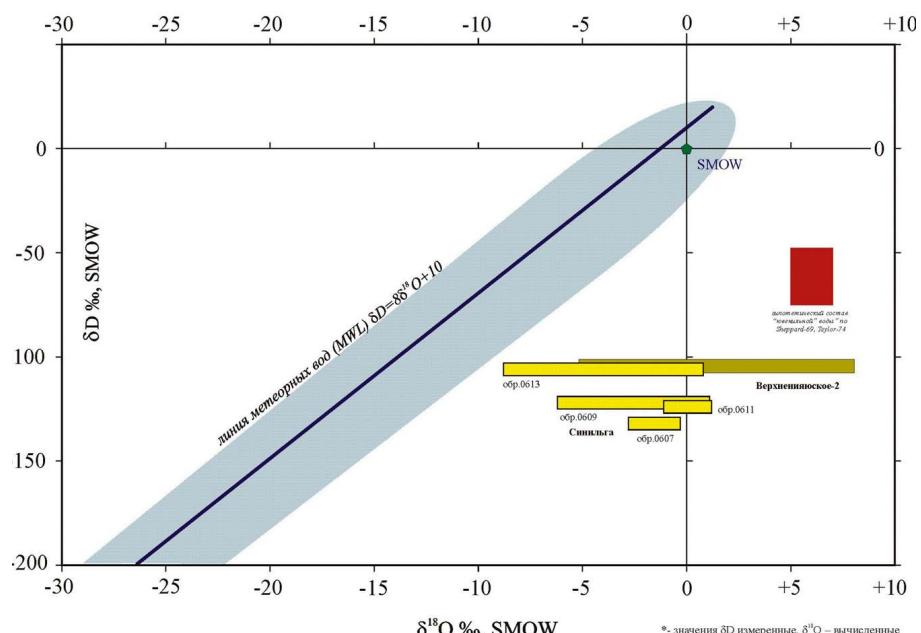


Рис. 1. Изотопный состав (δD и $\delta^{18}\text{O}$) воды рудообразующих растворов золоторудных месторождений «Верхнениযуское-2» и «Синильга» (Приполярный Урал)

Fig. 1. Isotope composition (δD and $\delta^{18}\text{O}$) of water of ore-forming solutions of gold deposits Verkhneniyayuskoe-2 and Sinil'ga (Subpolar Urals)

ных широтах. По изотопному составу эти воды близки к составу океанической воды, δD и $\delta^{18}\text{O}$ которой в изотопных исследованиях принимаются как «стандарт средней океанической воды» (SMOW – Standard Mean Ocean Water, где $\delta D = 0 \text{ ‰}$, $\delta^{18}\text{O} = 0, \text{ ‰}$). Наиболее «тяжёлые» воды установлены в атмосфер-

ных осадках и ледниковых покровах на северном и южном полюсах Земли.

На рисунке 2, составленном по данным различных авторов, приведён график зависимости величин δD от $\delta^{18}\text{O}$ для погребённых, талассогенных, «формационных» вод древних льдов и напорных вод нефтяных и газовых

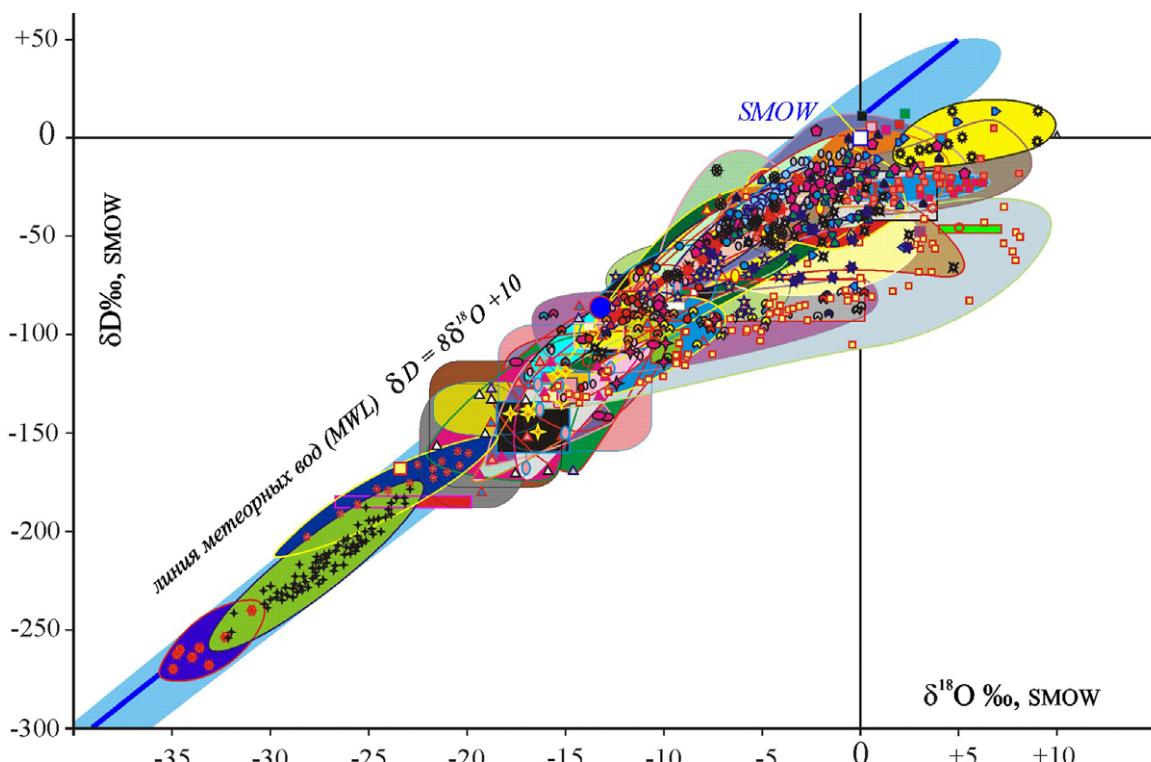


Рис. 2. Изотопный состав вод артезианских бассейнов, погребённых, «возрождённых» и «формационных» вод и древних льдов

Fig. 2. Isotope composition of artesian waters, buried, «regenerated» and «formational» waters and ancient ices



месторождений различных областей мира. Из приведённых данных можно видеть, что значения δD и $\delta^{18}\text{O}$ подземных вод, не имеющих свободной циркуляции, в координатах $\delta D - \delta^{18}\text{O}$ в большинстве своём также ложатся на линию современных метеорных вод и по крайней мере располагаются вдоль прямой Крейга, что либо прямо указывает на метеогенное происхождение этих вод, либо за счёт дегидратации OH^- -содержащих минералов [2, 3, 5].

Изотопный состав мантийных («ювенильных») вод, т. е. вод, никог-

да не участвовавших в атмосферной циркуляции и гидрологическом цикле, достоверно не установлен и, по данным разных авторов, оценивается различно (рис. 3). Большинством исследователей для кислорода и водорода мантийной воды сегодня принимаются как вполне конкретные ($\delta^{18}\text{O} = +6\text{‰}$ и $\delta D = -75\text{‰}$ SMOW) значения, так и более широкие их интервалы ($+5\text{‰} < \delta^{18}\text{O} < +9\text{‰}$ и $-85\text{‰} < \delta D < -40\text{‰}$) [1–3].

Изучение воды современных гидротермальных систем (действующие вулканы, гейзеры, фумаролы, тер-

мальные источники, котлы и т. д.) показывает, что во всех случаях вода этих систем имеет метеогенную природу и, более того, в подавляющем числе случаев по изотопному составу соответствует воде местных атмосферных осадков. Данное положение иллюстрируется на рис. 4 и 5.

На рисунке 4 приводятся данные по изотопному составу вод меридионального профиля «полуостров Камчатка – Япония». Синими фигурами здесь показаны значения $\delta^{18}\text{O}$ и δD атмосферных осадков и поверхностных вод этих областей. Красными фигурами

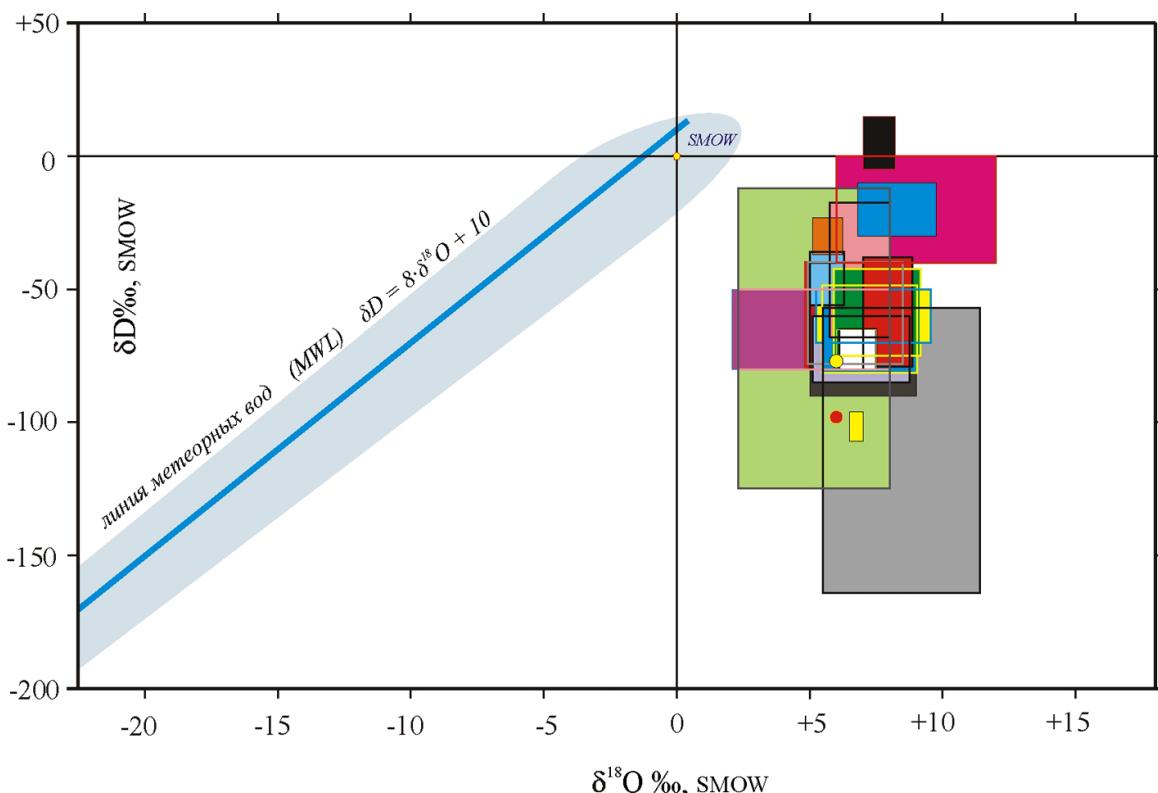


Рис. 3. Изотопный состав «ювенильной» воды по данным различных авторов

Fig. 3. Isotope composition of «juvenile» water according to various authors

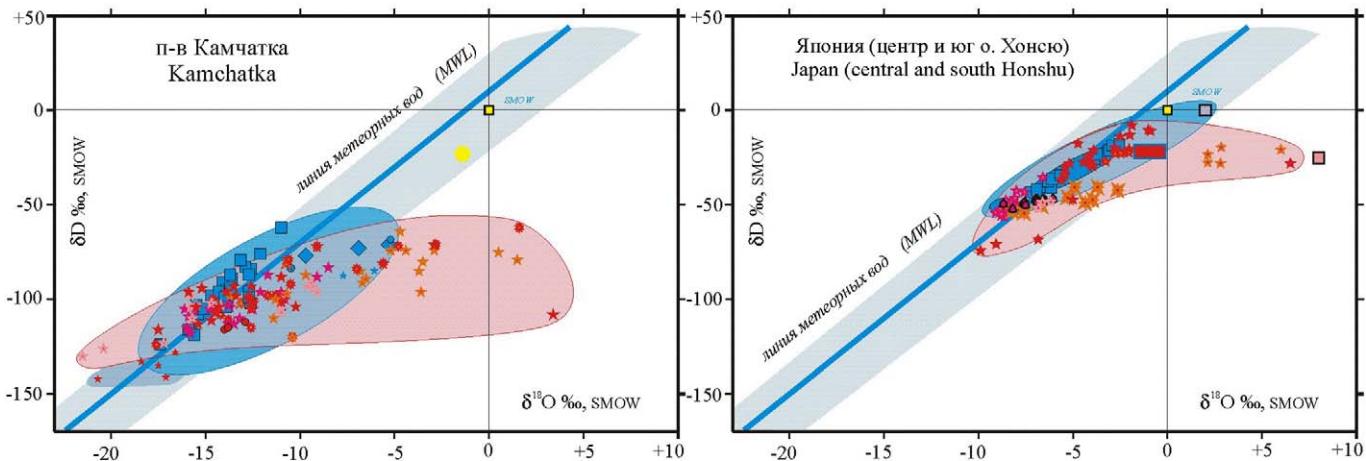


Рис. 4. Изотопный состав метеорных и термальных вод Камчатки и Японии. Синие значки – метеорные воды, красные – воды термальных источников

Fig. 4. Isotope composition of meteoric and thermal waters of Kamchatka and Japan. Blue icons – meteoric water, red icons – waters of thermal springs

ми показаны значения изотопного состава воды вулканов и термальных источников соответствующих районов. Как можно видеть, от высоких широт Камчатки к низким широтам Японии величины $\delta^{18}\text{O}$ и δD воды как атмосферных осадков и поверхностных вод, так и $\delta^{18}\text{O}$ и δD воды гидротерм этих районов обогащаются тяжёлыми изотопами. При этом 95 % значений $\delta^{18}\text{O}$ и δD воды термальных источников соответствуют изотопному составу местных метеорных вод. В то же время

значно говорят о преобладании метеогенного источника в питании таких систем.

Таким образом, очевидно, что в водах современных геотермальных систем «ювенильной» составляющей установить не удается. Можно отметить, что в случае гомогенного состава ювенильной воды и значительной её роли в деятельности современных геотермальных систем изотопные характеристики вод последних тяготели к этой области. Но поскольку это-

образования находится в «законсервированном» состоянии и, таким образом, может не только нести информацию как растворитель, но и указывать на источник рудного вещества и самой воды. На графике (рис. 6) приведены результаты исследований изотопного состава воды газово-жидких включений почти ста рудных месторождений мира (золоторудных, свинцово-цинковых, медно-никелевых и др.) различного возраста и генезиса.

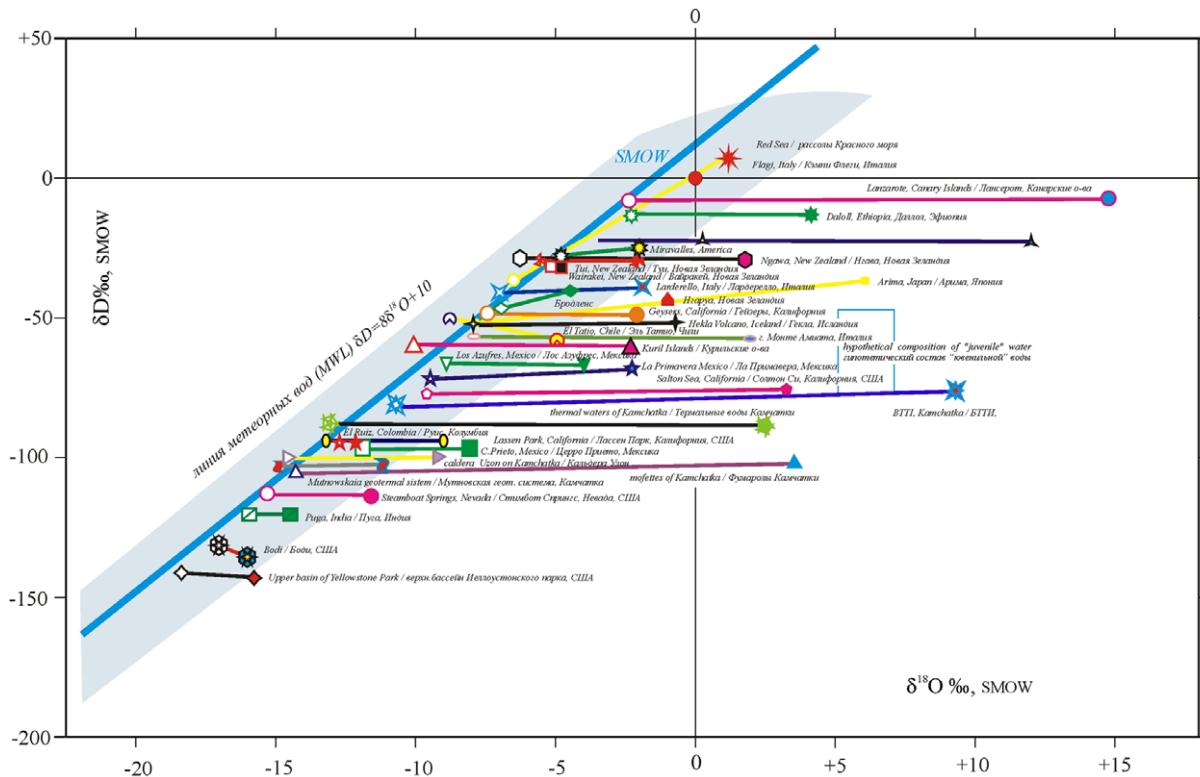


Рис. 5. Эффект «кислородного сдвига» для термальных вод из геотермальных районов мира

Fig. 5. Effect of «oxygen shift» for the thermal waters from geothermal areas in the world

часть анализов по термальным водам показывает значительное отклонение по $\delta^{18}\text{O}$ от местных метеорных вод, обусловленное изотопным обменом по кислороду при циркуляции последних с кислородом вмещающих пород. Величина отклонения («кислородный сдвиг») обусловлена исходным изотопным составом воды, $\delta^{18}\text{O}$ вмещающих пород, объёмным отношением вода — порода, временем циркуляции вод и температурой системы.

На рисунке 5 приводятся данные по изотопному составу вод из геотермальных районов мира, где «кислородный сдвиг» проявлен в различной степени и на графике по каждому району нанесены его максимальные значения. Как и в предыдущем случае, данные по водороду термальных вод этих районов одно-

го не наблюдается, можно заключить, что источником этих вод является в основном инфильтрационная вода атмосферных осадков данных районов.

Изотопный состав кислорода и водорода воды флюидных включений в минералах гидротермальных месторождений

Установить механизм и особенности формирования эндогенных месторождений, природу рудообразующих растворов и степень участия в рудных процессах «ювенильной», метаморфической и метеогенной составляющих сегодня возможно, изучая первичные флюидные газово-жидкие включения (ГЖВ) в минералах магматического и гидротермального генезиса. Вода ГЖВ с момента их

как можно видеть (рис. 6), значения $\delta^{18}\text{O}$ и δD воды включений: 1) составляют весь диапазон, характерный для наиболее распространённых современных континентальных (метеогенных) вод; 2) по водороду не превышают значений δD современной океанической воды (SMOW); 3) по $\delta^{18}\text{O}$ ограничены значениями изотопного состава кислорода горных пород; 4) строго контролируются линией современных метеорных вод (MWL). При этом выявляется, что изотопный состав воды включений из минералов эпигеальных месторождений наиболее близок к линии метеорных вод и располагается вдоль этой линии. Значения $\delta^{18}\text{O}$ и δD воды включений из минералов более глубинных и высокотемпературных мезотермальных месторождений в соответствии с температурами

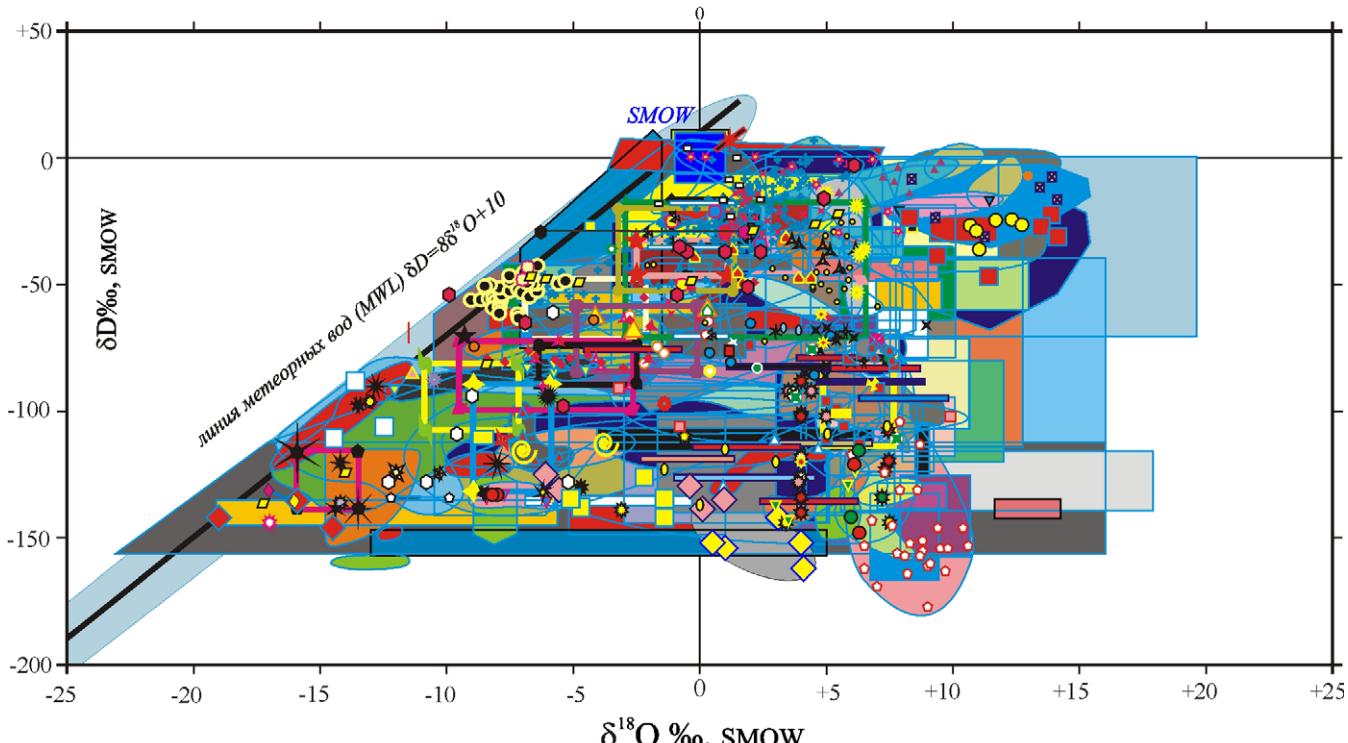


Рис. 6. Изотопный состав (δD и $\delta^{18}\text{O}$) воды флюидных включений рудных месторождений мира

Fig. 6. Isotope composition (δD and $\delta^{18}\text{O}$) of water of fluid inclusions of world ore deposits

их формирования наиболее удалены от линии метеорных вод. Значения $\delta^{18}\text{O}$ и δD воды включений из минералов колчеданных и эвапоритовых месторождений составляют поле, близкое к значениям SMOW. Имеющиеся данные стадиальных изменений изотопного состава рудообразующих растворов показывают, что на последних (низкотемпературных) этапах процесса изотопный состав этих вод наиболее близок к современным метеогенным водам района месторождения.

В целом характер распределения значений $\delta^{18}\text{O}$ и δD воды из ГЖВ рассмотренных рудных месторождений аналогичен изотопным характеристикам вод современных геотермальных систем. Если древние гидротермальные системы рассматривать в качестве аналогов современных термальных систем, то следует признать, что их вода также имеет преимущественно инфильтрационную (метеогенную) природу.

Таким образом, приведённые данные позволяют говорить, что в образовании рудных месторождений через механизм конвекции принимали участие и доминировали инфильтрационные воды метеогенного происхождения, либо воды дегидратации. При этом роль «ювенильной» воды в образовании изученных месторождений, даже в случае её существования, была исчезающе мала.

Заключение

Согласно полученным данным, основным источником водных флюидов изученных золоторудных проявлений Приполярного Урала также являлась инфильтрационная вода метеогенного происхождения либо вода дегидратации OH^- -содержащих минералов терригенных образований разреза. Источником CO_2 , очевидно, являлась углекислота, образовавшаяся при kontaktовом метаморфизме в процессе термического разложения вмещающих карбонатов при активном участии воды.

Авторы благодарны ЦКП «Геонаука» за выполненные аналитические работы.

Работа выполнена при помощи проекта УрО РАН «Минералогия севера Урала, Пай-Хоя и Тимана в связи с их геологическим развитием».

Литература

1. Ветштейн В. Е. Изотопы кислорода и водорода природных вод СССР. Л.: Недра, 1982. 216 с.

2. Тейлор Г. П. Изотопы кислорода в минералах гидротермальных месторождений // Геохимия рудных месторождений. М.: Мир, 1970. С. 100–128.

3. Фор Г. Основы изотопной геологии. М.: Мир, 1989. 590 с.

4. Craig H. Isotopic Variations in Meteoric Waters // Science, 1961, vol. 133. pp. 1702–1703.

5. Lawrence J.R. and Taylor H.P.

Deuterium and oxygen-18 correlation: Clay minerals and hydroxides in Quaternary soils compared to meteoric waters // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1971, vol. 35. pp. 993–1003.

References

1. Vetshtain V. E. *Izotopy kisloroda i vodoroda prirodnnyh vod SSSR* (Oxygen and hydrogen isotopes of natural waters of the USSR). Leningrad, Nedra, 1982, 216 pp.

2. Teilor G. P. *Izotopy kisloroda v mineralah gidrotermalnyh mestorozhdenii* (Oxygen isotopes in minerals of hydrothermal deposits). *Geohimiya rudnyh mestorozhdenii*. Moscow, Mir, 1970. pp. 100–128.

3. For G. *Osnovy izotopnoi geologii* (Basics of isotope geology). Moscow, Mir, 1989, 590 pp.

4. Craig H. Isotopic Variations in Meteoric Waters. *Science*, 1961, V. 133, pp. 1702–1703.

5. Lawrence J. R. and Taylor H. P. Deuterium and oxygen-18 correlation: Clay minerals and hydroxides in Quaternary soils compared to meteoric waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1971, V. 35, pp. 993–1003.

Рецензент

к. х. н. В. А. Поляков



СТРУКТУРА И ТЕКСТУРА КРЕМНЕЗЕМА ИМПАКТИТОВ КАРСКОЙ АСТРОБЛЕМЫ



В. П. Лютоев, А. Ю. Лысюк

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

vlutoev@geo.komisc.ru

С применением методов петрографического анализа, рентгеновской дифракции, инфракрасной (ИК) и рамановской спектроскопии проведены микроструктурное изучение и фазовая диагностика различных обособлений кремнезема в импактитах Карской астроблемы. Выявлены особенности кварца и других модификаций кремнезема, представляющих основные стадии ударного метаморфизма в породах коптогенного комплекса: планарные трещины, планарные деформационные элементы, коэсит, свежие и раскристаллизованные диаплектовые стекла, раскристаллизованные стекла плавления, постимпактные выделения халцедона и кристобалит-тридимита.

Ключевые слова: *Карская астроблема, кварц, кристобалит, коэсит, магнит, кварцевое стекло, инфракрасная и рамановская спектроскопия.*

STRUCTURE AND TEXTURE OF SILICA OF THE KARA ASTROBLEME IMPACTITES

V. P. Lyutoev, A. Yu. Lysyuk

Institute Geology of Komi Science Center of Ural Branch RAS, Syktyvkar

The microstructural investigation and phase diagnostics of different silica segregations from impactites of the Kara astrobleme were conducted using the methods of petrographic analysis, X-ray diffraction, infrared (IR) and Raman spectroscopy. The studied collection of siliceous isolations covers a number of impact transformations of quartz – from quartz veins, which preserved their original structure, up to strongly transformed fragments of quartz and silica deposits in the postimpact hydrothermal process also. The peculiarities of quartz and other silica modifications, representing the major stages of impact metamorphism in rocks of the coptogeneic complex: planar cracks, planar deformation elements, coesite, newly formed and crystallized diaplectic glasses, crystallized glass of melting postimpact chalcedony and cristobalite-tridymite allocations were revealed. Coesite and diaplectic quartz glass are in the paragenetic association, which was preserved in its primary state in the siliceous lithoclasts of suevites. The textural characteristics and data of structure-phase diagnostics of silica from the impactites can be used as standards to identify similar formations located outside the modern boundaries of the impact structure.

Keywords: *Kara astrobleme, quartz, cristobalite, coesite, moganite, quartz glass, infrared and Raman spectroscopy.*

Введение

Одной из крупнейших импактных структур, входящих в первую десятку известных земных астроблем-гигантов, является Карская структура, расположенная в России на северо-востоке Югорского полуострова в районе устья р. Кари (рис. 1). Астроблема сформировалась в области палеозойской складчатости при падении космического тела вблизи рубежа мел – палеоген. Традиционно выделяются два самостоятельных одновремен-

ных кратера – Карский и Усть-Карский [1, 3, 9]. Современный видимый диаметр Карского кратера составляет 60–65 км. Считается, что основная часть Усть-Карского кратера диаметром около 25 км скрыта под водами Карского моря, однако фактически это не подтверждено. Более вероятно, что Карский кратер представляет собой центральную часть депрессии диаметром 120 км, отдельный Усть-Карский кратер не существует, а отнесенные к нему катаклизированные поро-

ды являются остатками внешней части астроблемы [3, 6].

В качестве основных критериев степени ударного метаморфизма кристаллических пород используются данные о преобразованиях каркасных силикатов, особенно кварца, включающих различные деформации кристаллических решеток вплоть до полной аморфизации с формированием диаплектового стекла, лешательерита, появление высокобарических минеральных фаз коэсита и стишовита [11].

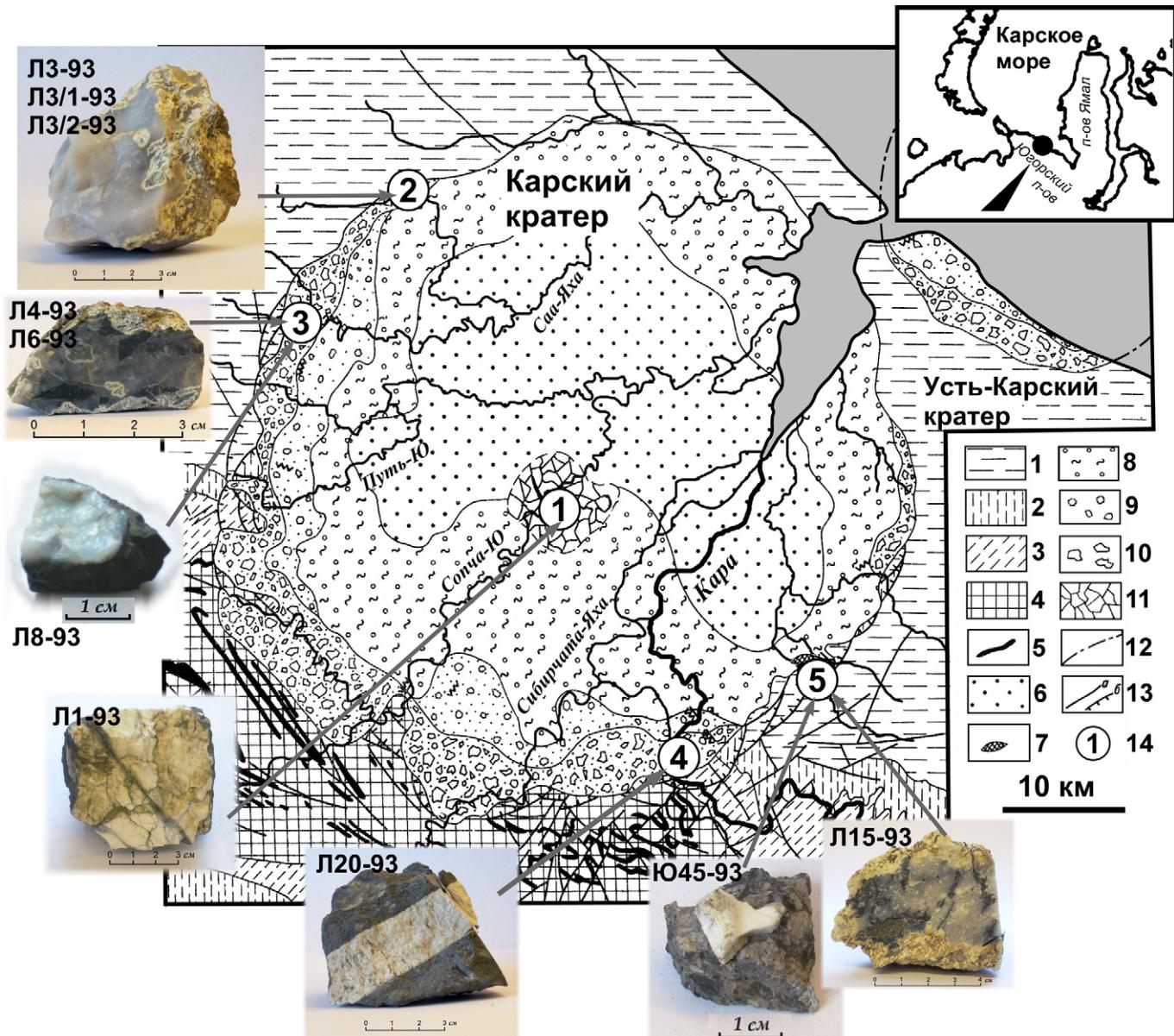


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Карской астроблемы [3]: 1–5 – цокольный комплекс: 1 – песчаники, алевролиты, аргиллиты, глинистые сланцы нижней перми; 2 – каменноугольные углисто-глинистые и углисто-кремнистые сланцы; 3 – глинисто-кремнистые сланцы, известняки и кварцитовидные песчаники девона; 4 – глинисто-кремнистые, графито-кремнистые и известковистые сланцы, известняки силура и ордовика; 5 – позднедевонские долериты и габбро-долериты; 6–10 – коптогенный комплекс: 6 – псаммито-алевролитовые брекчии; 7 – тагамиты; 8 – лаппилиево-агломератовые зиовиты; 9 – глыбовые зиовиты; 10 – глыбовые брекчии, мегабрекчии и клиппеновые брекчии; 11 – катаклизированные породы цокольного комплекса; 12 – предполагаемые границы Усть-Карской астроблемы; 13 – разрывные нарушения (а – разломы, б – надвиги); 14 – точки отбора, фото и коды образцов

Fig. 1. Schematic geological map of Kara astrobleme [3]: 1–5 – base complex: 1 – Lower Permian sandstones, siltstones, mudstones, shales; 2 – Carboniferous carbonaceous clay and carbonaceous-siliceous shales; 3 – Devonian clay-siliceous shales, limestones and quartz sandstones; 4 – Silurian and Ordovician clay-siliceous, graphite-siliceous and calcareous shales, limestones; 5 – Late Devonian dolerites and gabbro-dolerites; 6–10 – coptogenic complex: 6 – psammite-aleurolite breccias; 7 – tagamites; 8 – lappilite-agglomerate suevites; 9 – lumpy suevites; 10 – lumpy breccias, megabreccias and klippenic breccias; 11 – cataclastic rocks of base complex; 12 – suggested borders of Ust-Kara astrobleme; 13 – dislocations (a – faults, б – thrusts); 14 – points of selection, photos and codes of samples

Ударные породы в разных горизонтах Карской структуры испытали различные динамические давления и разное по интенсивности и длительности термальное воздействие, так как отличаются по количеству присутствующего в них ударного расплава и ударно-преобразованного кварца. В пределах Карской астроблемы хорошо представлены конусы разрушения

пород, брекчии грис, имеются находки коэсита, раскристаллизованных диаплектовых и расплавных стекол, обнаружен апографитовый и апоуллеродный импактный алмаз [3, 5].

В настоящей работе рассматриваются результаты изучения методами рентгеновской дифракции, ИК- и рamanовской спектроскопии структурных и текстурных особенностей стро-

ения обособлений кремнезема в породах Карской астроблемы, свидетельствующих об импактных и постимпактных гидротермальных преобразованиях кварцевых тел.

Материалы и методы исследований

Исследованные нами кремнезимистые образцы из Карской импакт-

ной структуры отобраны совместно с Н. П. Юшкиным в период полевых экспедиционных работ 1993 г. Коллекция кремнеземистых обособлений охватывала ряд импактных преобразований кварца — от сохранивших свое первоначальное строение кварцевых жил до сильно преобразованных кварцевых осколков, а также отложения кремнезема в постимпактном гидротермальном процессе (рис. 1). Для исследований были приготовлены петрографические шлифы и порошковые препараты. Изучение шлифов осуществлялось на петрографических микроскопах НЕОФОТ, POLAM L213-M (ЛОМО) и OLYMPUS BX51, отдельные фазы в них определены с помощью микрозондового рамановского спектрометра HR 800 HORIBA (дли-

на волны возбуждающего излучения 632.8 нм). Валовая структурная диагностика порошковых препаратов произведена методами рентгеновской дифракции (Shimadzu XRD-6000, CuK α) и спектроскопии ИК-поглощения (фурье-спектрометр ИнфраЛюм ФТ-02, таблетки KBr 1000:1.5 мг). В качестве эталонных использованы образец кристалла кварца (месторождение «Желанное»), волокнистый халцедон (Средний Тиман), КТ-опал (Казахстан), зерно коэсита, синтезированный α -кристобалит, кварцевое стекло наплава, а также порошковые рентгеновские дифрактограммы и спектры ИКС из открытых баз данных (IEM, RRUFF и др.).

Совместное применение для диагностики кремнезема и его смесей в

горных породах методов рентгеновской и ИК-диагностики в принципе позволяют делать однозначные выводы о наличии в пробе тех или иных разновидностей кремнезема [12, 15, 16, 19, 21 и др.]. Порошковые рентгенограммы и спектры ИК-поглощения образований микрокристаллического кремнезема в виде халцедона практически идентичны с кристаллозернистым кварцем, но отличаются степенью уширения их компонентов, связанной с малыми размерами и высокой дефектностью слагающих халцедон кристаллитов кварца [4, 8, 18]. Для количественной характеристики степени совершенства кристаллической решетки минерала используются индексы рентгеновской (K_p) и ИК-кристалличности (K_{IK}). Первый рассчиты-

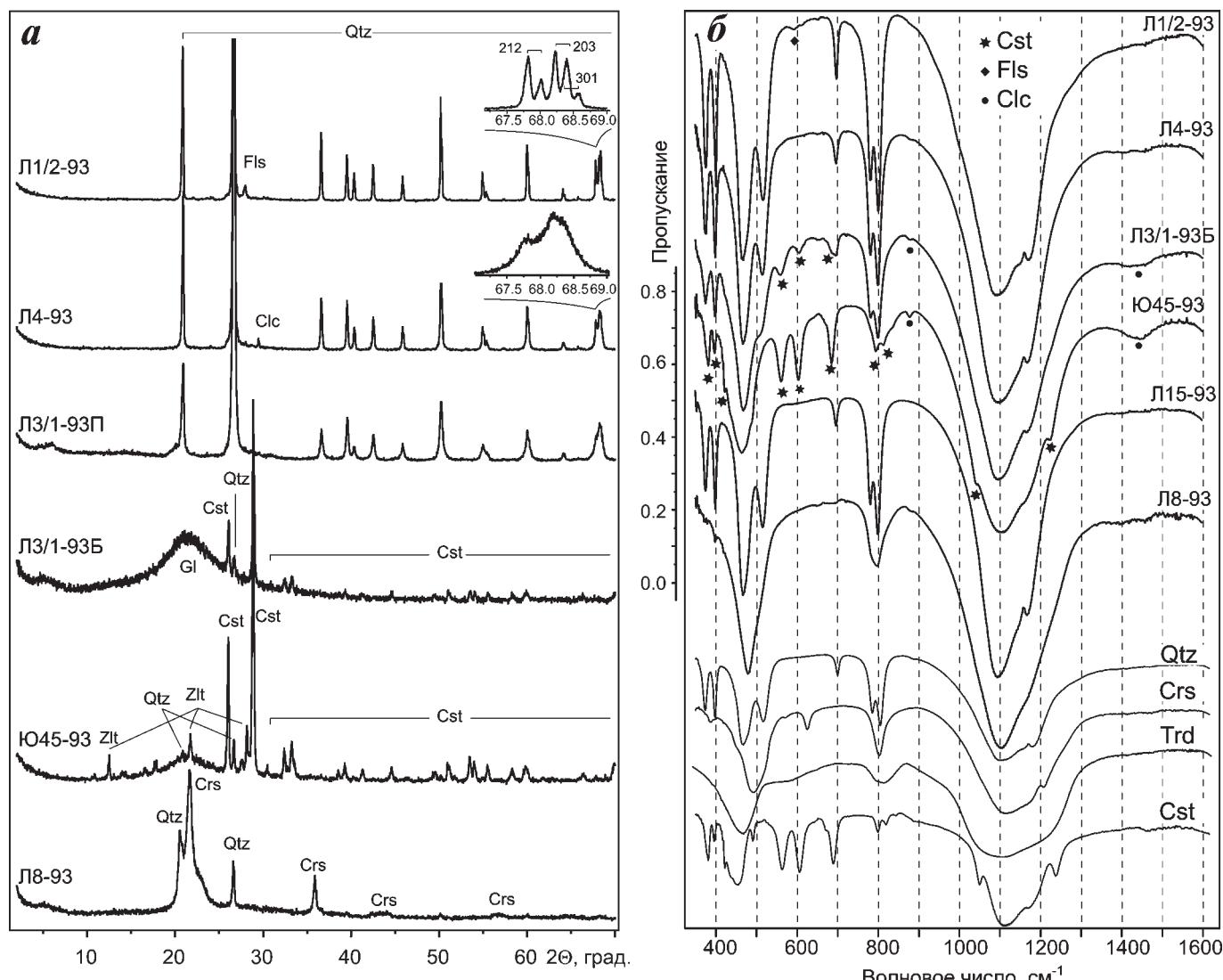


Рис. 2. Дифрактограммы (а) и спектры ИК-поглощения (б) некоторых образцов кремнезема из импактиков Карской астроблемы: Qtz – кварц, Cst – коэсит, Crs – кристобалит, Trd – тридимит, Gl – кварцевое стекло; Fls – полевой шпат; Clc – кальцит; Zlt – цеолит. В нижней части графика спектров ИК-поглощения (б) приведены сжатые в 3 раза эталонные спектры тридимита, кварца, кристобалита, коэсита

Fig. 2. Diffraction patterns (a) and IR absorption spectra (b) of some silica samples from impactites of Kara astrobleme: Qtz – quartz, Cst – coesite, Crs – cristobalite, Trd – tridymite, Gl – quartz glass; Fls – feldspar; Clc – calcite; Zlt – zeolite. The lower part of the graph of infrared absorption spectra (b) shows 3 times compressed reference spectra of tridymite, quartz, cristobalite, coesite



Структурные параметры минеральных фаз кремнезема

Structural parameters of silica mineral phases

Таблица 1

Table 1

Номер № пробы	Разновидность кремнезема	Параметры элементарной ячейки				K_p	K_{IK}
		$a, \text{ \AA}$	$b, \text{ \AA}$	$c, \text{ \AA}$	$\beta, \text{ град}$		
Л1/2-93		4.907 ₁	4.907 ₁	5.398 ₃	120	6.2	9.2
Л20-93		4.911 ₁	4.911 ₁	5.400 ₂	120	3.6	8.5
Л15-93		4.913 ₁	4.913 ₁	5.402 ₂	120	5.0	6.3
Л3-93П		4.918 ₃	4.918 ₃	5.400 ₇	120	2.2	2.7
Л3-93Б	Кристалло- зернистый	4.919 ₄	4.919 ₄	5.40 ₁	120	3.0	3.2
Л3/1-93П		4.912 ₃	4.912 ₃	5.401 ₆	120	1.2	2.2
Л3/1-93Б	кварц,	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	3.5
Л3/2-93П	халцедон	4.910 ₁	4.910 ₁	5.400 ₂	120	2.5	7.5
Л3/2-93Б		4.917 ₂	4.917 ₂	5.405 ₄	120	6.4	10
Л4-93		4.911 ₁	4.911 ₁	5.401 ₂	120	2.8, >9	7.6
Л6П-93		4.920 ₅	4.920 ₅	5.40 ₁	120	1.0	2.3
Л6Ь-93		4.918 ₃	4.918 ₃	5.406 ₇	120	4.0	2.4
[9]*	Кварц	4.9124— 4.9140	4.9124— 4.9140	5.4039— 5.4050	120	—	—
Эталон	Кристалл кварца	4.903 ₂	4.903 ₂	5.399 ₅	120	10	10
Л6Б-93		7.16 ₈	12.37 ₃	7.2 ₁	121 ₃		
Л3-93П		7.15 ₈	12.36 ₃	7.2 ₁	122 ₃		
Л3-93Б	Коэсит	7.13 ₈	12.37 ₃	7.1 ₁	121 ₃		
Л3/1-93Б		7.3 ₁	12.33 ₃	7.4 ₂	122 ₃	—	—
Ю45-93		7.15 ₇	12.35 ₃	7.16 ₇	120 ₁	—	—
[7, 11, 12]	Коэсит	7.102— 7.148	12.33— 12.37	7.112— 7.194	120.05— 120.34	—	—
Л8-93	Кристобалит, люссатит	5.00 ₅	5.00 ₅	7.2 ₁	90	—	—
[9]	Кристобалит	4.96937	4.96937	6.92563	90	—	—
Эталон	Кристобалит	4.968 ₅	4.968 ₅	6.94 ₁	90	—	—

* В квадратных скобках литературные значения (выделены курсивом). Нижний индекс – погрешность определения. Б, П – белые и полупрозрачные участки.

* Literature values are in brackets (in italics). Subscript – determination error. Б, П – white and translucent areas.

вался по степени разрешения видимого квинтета рефлексов кварца $\text{CuK}\alpha_{1,2}$ (212), (203), (301) в области $2\theta = 68^\circ$ [18]. Индекс ИК-кристалличности согласно [8] нами определен по степени разрешения дублета $780-800 \text{ cm}^{-1}$ валентных симметричных Si–O–Si-колебаний решетки кварца. Аппаратный фактор откалиброван по лабораторному эталону кристалла кварца, которому было присвоено значение $K_p = K_{IK} = 10$.

Другой отличительной особенностью таких микрокристаллических агрегатов кварца, как халцедон, является наличие в них дополнительной фазы кремнезема – маганита [4, 13, 17]. Эта разновидность структуры кремнезема достаточно просто отслеживается методом рамановской спектроскопии, в отличие от методов рентгеновской дифракции и ИКС, что особенно важно при невозможности диагностики микрокристаллического агрегата петрографическим методом [14, 17].

Результаты и обсуждение

Порошковые рентгеновские дифрактограммы и ИК-спектры изучен-

ных образцов кремнезема представлены на рис. 2. В табл. 1 приведены параметры элементарных ячеек фаз кремнезема, которые оказались близкими к значениям в эталонных образцах и приведенным в литературе. Большая часть образцов кремнезема в основном сложена кристаллозернистым кварцем или его микрокристаллической разностью – халцедоном. Известно, что Карский кратер сформировался в шельфовых условиях с последующим интенсивным гидротермальным преобразованием пород, при котором происходило интенсивное переотложение кремнезема в виде халцедона [7]. Как видно из таблицы, индексы рентгеновской кристалличности во многих случаях гораздо ниже значения совершенной решетки кварца. Между двумя вариантами значений индексов кристалличности установлена значимая по уровню 0.01 положительная корреляция, причем индексы ИК-кристалличности существенно выше $K_{IK} \approx 1.6 \cdot K_p$, что говорит о сохранении близкого порядка в решетке кварца и наличии микроразмерной дефрагментации или появ-

лении в пробах микрокристаллического кремнезема – вторичного халцедона. В импактно-метаморфизованных кварцевых осколках в составе зюбитов, особенно в их белых участках, установлено наличие коэсита и нераскристаллизованного кварцевого стекла. Халцедоноподобная корочка Л8-93 относится к неупорядоченной фазе кристобалита.

Изученные образцы кремнезема могут быть ранжированы в порядке прогрессии параметров ударного метаморфизма согласно классификации ударных структур и преобразований решетки кварца [3, 21]. Шоковое давление не более 20 ГПа и постимпактная температура не выше 170 °C приводят к формированию текстур слабо- и умеренно-ударно-метаморфизованного кварца с многочисленными трещинами и следами планарных деформационных элементов. Подобные импактные метки обнаружены во фрагментах первичных кварцевых прожилок центрального поднятия кратера (рис. 1, точка опробования (т. о.) 1, обр. Л1/2-93) и в песчаниках нижней перми, слагающих мегабрекции и глыбовые брекции коптогенного комплекса на юго-востоке структуры (т. о. 4, обр. Л20-93). Визуально макроструктура данных фрагментов не нарушена при импакте и последующем нагреве пород. Кварцевые жильные тела центрального поднятия разбиты разнонаправленными трещинами, часть из которых минерализована; кварц белый фарфоровидный. В шлифе видно, что зерна первичного кварца размером 1–3 мм содержат мелкие планарные трещины и неясные следы планарных деформационных элементов одного направления (рис. 3, а). Минерализованные трещины заполнены новообразованными кварцевыми зернами и халцедоном, а также осколками первичного деформированного кварца. Основной объем жилы, по данным рентгеновской дифракции и ИКС, сложен кварцем с высоким индексом кристалличности и небольшой примесью полевого шпата (рис. 2, табл. 1). В шлифе кварцевой жилы Л20-93 из глыбы песчаника коптогенного комплекса жила наблюдается текстура, типичная для жил выполнения (рис. 3, б). В кварце хорошо заметны трещиноватость, следы планарных деформационных элементов. В открытых трещинах присутствуют редкие выделения новообразованного чешуйчатого халцедона и карбонатные зерна, хорошо заметные в шлифах. По

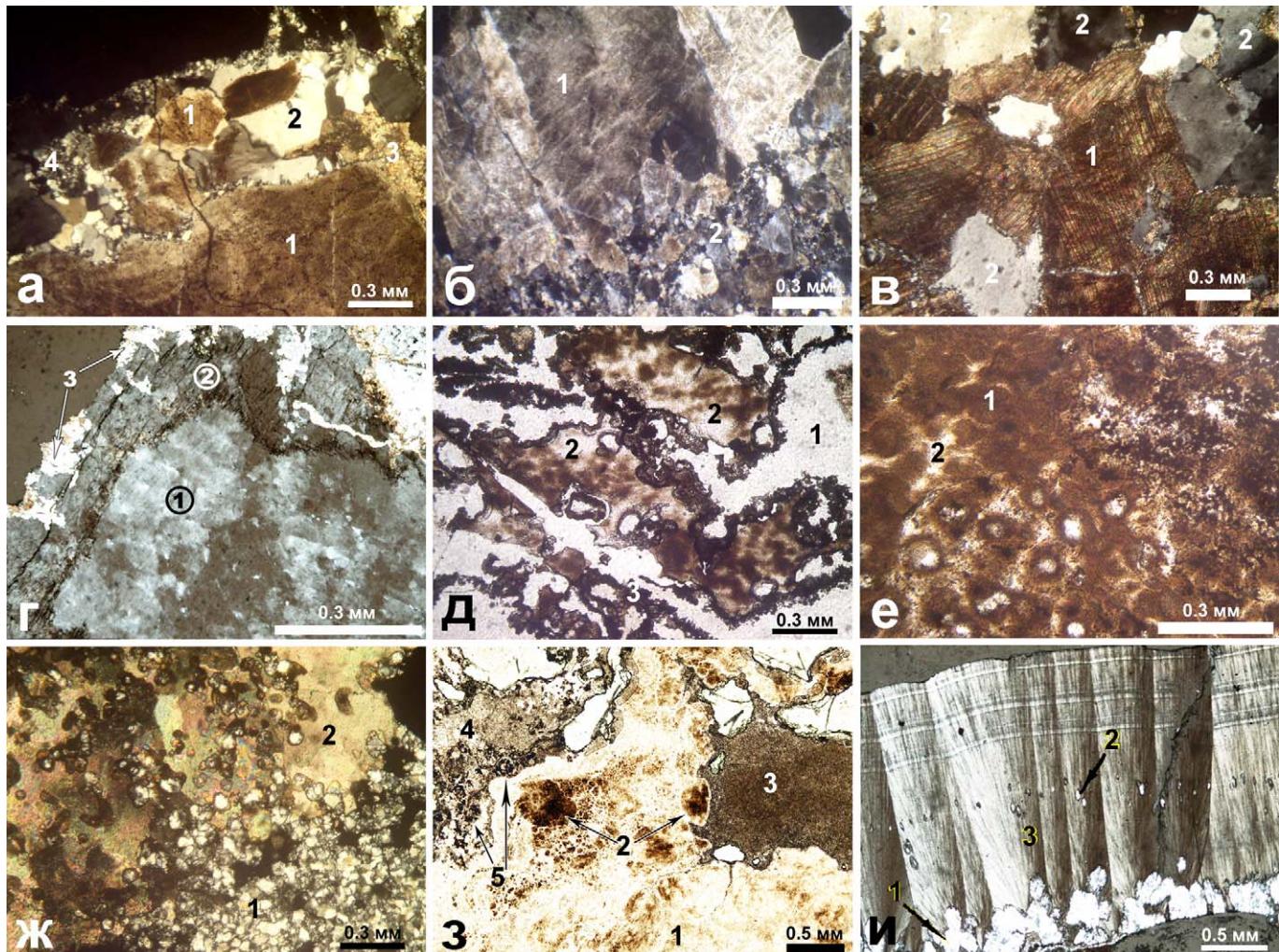


Рис. 3. Микрофотографии шлифов: а – кварцевая жила Л1/2-93 (1 – зерна кварца со следами планарных деформационных элементов; б – кварцевая жила Л20-93 (1 – жильное тело, 2 – вмещающая порода), 2 – новообразованный кварц, 3 – карбонат, 4 – халцедон); в – зерна кварца с планарными деформационными элементами (1) и пластическими деформациями (2) в обр. Л4-93; г – приповерхностная область кремнеземных литокластов (обр. Л3/2-93) в зювитах (1 – микрокристаллический кварц, халцедон, 2 – белый кварц, 3 – кальцит); д – белые коэситсодержащие участки в обр. Л3/1-93 (1 – микрокристаллический кварц, халцедон, 2 – выделения коэсита в нераскристаллизованном диаплектическом кварцевом стекле, 3 – почкообразные агрегаты коэсита; е – почки коэсита (1) в свежем кварцевом стекле (2) обр. Ю45-93; ж – текстура раскристаллизованного лешательерита обр. Л15-93 (1 – халцедон; 2 – зерна кварца); з – участок шлифа Л15-93 с углеродистыми фазами (1 – халцедон; 2 – кварц с углеродистой фазой; 3 – кальцит; 4 – кварц-кальцитовый агрегат; 5 – области формирования муассонита); и – волокнистый кристобалит – люссатит обр. Л8-93 (1 – зона зарождения и геометрического отбора, халцедон; 2 – сферолиты халцедона, 3 – зона радиально-лучистого волокнистого люссатита)

Fig. 3. Microphotos of thin sections: а – quartz vein Л1/2-93 (1 – grains of quartz with traces of planar deformation elements, б – quartz vein Л20-93 (1 – vein body 2 – host rock), 2 – newly formed quartz, 3 – carbonate, 4 – chalcedony); в – grains of quartz with planar deformation elements (1) and plastic deformations (2) in sample Л4-93; г – near-surface area of silica lithoclasts (sample Л3/2-93) in soevites (1 – microcrystalline quartz, chalcedony, 2 – white quartz, 3 – calcite); д – white coesite-containing areas in sample Л3/1-93 (1 – microcrystalline quartz, chalcedony, 2 – inclusions of coesite in non-crystalline diaplectic quartz glass, 3 – nodular aggregates of coesite; е – nodules of coesite (1) in fresh silica glass (2) sample Ю45-93; ж – texture of crystallized lechatelereite sample Л15-93 (1 – chalcedony; 2 – quartz grains); з – portion of Л15-93 with carbon phases (1 – chalcedony; 2 – quartz with carbon phase, 3 – calcium, 4 – quartz-calcite aggregate; 5 – areas of formation of muassonite); и – fibrous cristobalite – lussatite sample Л8-93 (1 – area of origin and geometric selection, chalcedony; 2 – chalcedony spherolites, 3 – area of radiating fibrous lussatite)

данном рентгеновской дифракции и ИКС, это существенно мономинеральный α -кварц, но с весьма дефектным зернистым кварцем с пониженным индексом кристалличности. Вмещающая порода, пермский песчаник, состоит из кварцевых зерен со средним размером 150–200 мкм, которые несут явные следы ударных изменений в виде систем трещин.

Наличие в кварцевых зернах нескольких разнонаправленных систем планарных деформационных элементов, следов коэсита указывает на повышение стрессового давления до 35 ГПа, а постударной температуры до 300 °C [1]. Такие элементы деформаций повышенной степени шоковых преобразований кварца выявлены в некоторых импактных литокластах

кремнезема в составе зювитов (рис. 1, т. о. 3, обр. Л4-93). На рентгенограммах полупрозрачной части обр. Л4-93 фиксируются рефлексы кварца и небольшой примеси кальцита. В спектрах ИК-поглощения данного образца зарегистрированы только полосы кварца с довольно высоким пониженным индексом кристалличности (рис. 2, табл. 1). Судя по форме групп-



пы рефлексов в области $2\theta = 68^\circ$, проба содержит кварц с высокой степенью кристалличности ($K_p > 9$) и низкоупорядоченный компонент ($K_p = 2.8$). Действительно, по наблюдениям, в шлифе литокласт сложен зернами первичного кварца с разнонаправленными трещинами и сколами, тремя – пятью системами планарных деформационных элементов и зернами бездефектного новообразованного или перекристаллизованного кварца (рис. 3, в).

Ударные давления до 35–60 ГПа и последующий нагрев вещества до 300–900 °C приводят к прямой аморфизации кварца (диаплактовые стекла), его переходу в коэсит и стишовит. При нормальном давлении стишовит трансформируется в кварц уже при 400 °C, в то время как коэсит устойчив до 1200 °C. Данная композиция продуктов шокового преобразования кварца зафиксирована в серии импактных кремнеземных литокластов с белой фрагментарной поверхностью, широко распространенных в зювитах и брекчиях структуры, например в обр. Л3-93, Л3/1-93, Л3/2-93 (т. о. 2) и Л6-93 (т. о. 3). Внутренняя часть литокластов полупрозрачная, с включениями фарфоровидных белых участков. Те и другие выполнены крупными нетекстуированными блоками кремнезема с мозаичным и волнистым погасанием (рис. 3, г). В белых частях присутствуют также новообразованные мелкие глобулы и зерна халцедона и кварца (0.1 мм), развитые по трещинам. По данным рентгеновской дифракции и ИКС, кремнезем в основном представлен низкоупорядоченным кварцем (рис. 2, табл. 1).

Рамановские спектры полупрозрачных участков кремнезема представляют собой суперпозицию линий кварца и маганита (рис. 4, Л3/2-93), характерную для микрокристаллического кремнезема – халцедона. Следы маганита хорошо прослеживаются по дополнительной линии симметричных O-Si-O-колебаний (504 cm^{-1}) на высокочастотном крыле колебаний этого типа в решетке кварца (464 cm^{-1}) [17]. В рамановских спектрах белых участков присутствует также линия 521 cm^{-1} , относящаяся к симметричным O-Si-O-колебаниям в решетке коэсита [10, 17]. Порошковые дифрактограммы белых участков кроме рефлексов кварца содержат рефлексы коэсита, наиболее интенсивные из которых 040 ($d = 0.309 \text{ nm}$) и 130 ($d = 0.342 \text{ nm}$), а также гало в области $2\theta = 20–30^\circ$, характерное для кварце-

вого стекла. В спектрах ИКС белых участков литокластов на фоне интенсивных полос поглощения кварца ($372, 398, 465, 513, 778, 799, 1095, 1166 \text{ cm}^{-1}$) заметны также полосы $560, 603, 1040, 1225 \text{ cm}^{-1}$, которые относятся к решетке коэсита [21]. По результатам изучения шлифов под микроскопом и рамановским зондом (рис. 2, д) установлено, что коэсит развивается по диаплактовому кварцевому стеклу, сохранившемуся в белых участках литокластов. Он также присутствует в зонах контакта диаплактового стекла и микрозернистого кремнезема в виде почек размером 20–50 мкм. Тонкие корочки почковидных агрегатов коэсита были обнаружены также в полуопрозрачных частях литокластов, при этом центральная часть почек сложена микрокристаллическим кремнеземом (рис. 3, обр. Л3/1-93).

Осколок кварцевого импактида размером около 1 см, отобранный из зювитов района р. Анарагы (т. о. 5, обр. Ю45-93, рис. 1), почти нацело сло-

жен нерекристаллизованным диаплактовым кварцевым стеклом с коэситом (рис. 3, е). На рентгенограмме данного образца доминирует полный набор узких рефлексов коэсита (рис. 2, табл. 1) на фоне гало от диаплактового кварцевого стекла, присутствуют слабые рефлексы цеолита и кварца. ИК-спектр образца Ю45-93 представляет собой суперпозицию спектров широких полос поглощения кварцевого стекла и полного набора линий кристаллического коэсита: $381, 397, 421, 440, 450, 561, 603, 684, 794, 813, 1041, 1101, 1158, 1224 \text{ cm}^{-1}$. Рамановский спектр коэсита данного образца ($117, 151, 177, 204, 270, 328, 356, 426, 467, 521 \text{ cm}^{-1}$) также не отличается от эталонного на рис. 3 [10, 17].

При ударном сжатии кварцодержащих пород более 50 ГПа и достижении остаточной температуры 1100 °C происходит плавление кварца с образованием кварцевого стекла (лешательерита), содержащего округлые поры. Такое стекло при охлаждении

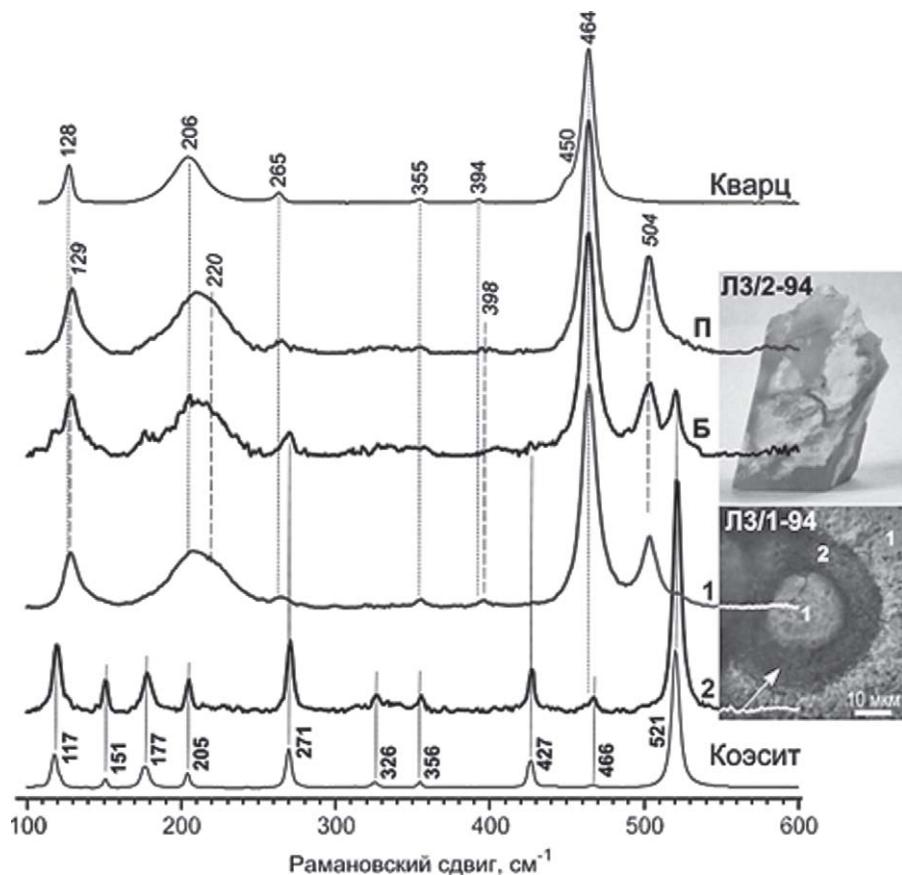


Рис. 4. Спектры комбинационного рассеяния белых (Б) и прозрачных (П) участков обр. Л3/2-93, коэситовых глобул (2), их центральных частей и вмещающего матрикса (1 – халцедон). Снизу и сверху приведены эталонные спектры кварца и коэсита. Положение рамановских линий: кварца (регулярный шрифт), маганита (курсив), коэсита (жирный шрифт)

Fig. 4. Raman spectra of white (Б) and transparent (П) areas of sample L3/2-93, coesite globules (2), their central parts and host matrix (1 – chalcedony). Down and up – reference spectra of quartz and coesite. The position of the Raman lines: quartz (regular), moganite (italics), coesite (bold)

обычно трансформируется в микрокристаллический кварц. Подобные структуры обнаружены в крупных обособлениях кремнезема в зоне развития тагамитов Карской структуры (т. о. 5, обр. Л15-93, рис. 1). В шлифах видно, что основная масса импактила сложена тонкозернистым халцедоном с размером глобул 10–50 мкм, присутствуют зерна кварца размером до 0,05 мм (рис. 3, ж). Развиты фрагменты первичных пузырьков расплава в виде скоплений сферической формы, изогнутых каналов с закругленными границами. Рентгенограмма и ИК-спектр образца соответствуют микрокристаллическому кварцу со средним значением индекса кристалличности (рис. 2, табл. 1). Рамановский спектр тонкозернистого кремнезема наряду с линиями кварца содержит линию монганаита 504 cm^{-1} , характерную для халцедона.

На высокую температуру формирования агрегата микрокристаллического кремнезема в обр. Л15-93 указывают находки в нем углеродсодержащих фаз. Вблизи выделений мелкозернистого (<20 мкм) мономинерального кальцита и кварц-кальцитового агрегата (рис. 3, з) обнаружены крупные выделения углеродистого вещества. Оно идентифицировано методом рамановской спектроскопии по линиям комбинационного рассеяния первого порядка (1100 – 1700 cm^{-1}) и их обертонов (2300 – 3300 cm^{-1}) (рис. 5). Группа линий первого порядка является суперпозицией трех компонентов: линии G графитового мотива структуры, линий D и D', связанных с дефектами упорядочения графитовых слоев (табл. 2). Судя по параметрам G- и D-линий, углеродистое вещество близко к стеклообразному углероду с элементами упорядочения по типу турбостатного графита [2, 20]. Оно могло сформироваться из органического вещества в ходе высокотемпературного постимпактного прогрева вмещающих пород. В непосредственной близости с углеродной фазой в оторочке микрокристаллического кварц-кальцитового агрегата также обнаружены выделения микронных кристаллов муссанита (рис. 6). Присутствие в раскристаллизованном лешательите карбида кремния свидетельствует о постимпактном прогреве силикатного расплава до температур выше $1600\text{ }^{\circ}\text{C}$, что вполне допустимо, учитывая тот факт, что обр. Л15-93 отобран в долине р. Анарги, зоне развития тагамитов – постимпактном расплаве пород мишиени [5].

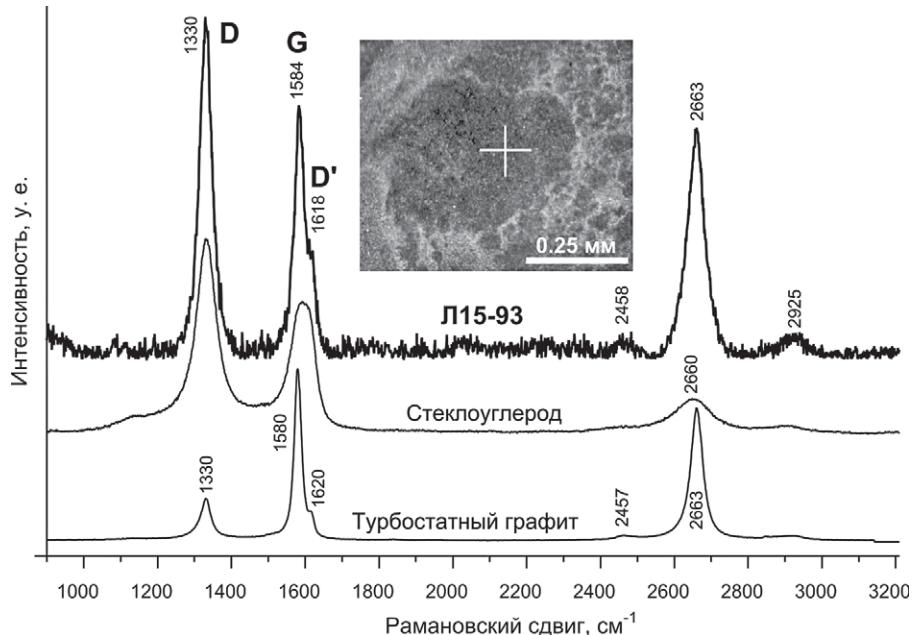


Рис. 5. Спектр комбинационного рассеяния включения углеродистого вещества в обр. Л15-93 (области 2 на рис. 3, з). Для сравнения приведены рамановские спектры стеклоуглерода и турбостатного графита

Fig. 5. Raman spectrum of inclusion of carbonaceous substance in sample L15-93 (area 2 in Fig. 3, з). For comparison, the Raman spectra of glassy carbon and turbostatic graphite are given

Таблица 2
**Компоненты рамановского спектра углеродного вещества обр. Л15-93
в области 1100 – 1700 cm^{-1}**

Table 2
**Components of Raman spectrum of carbonaceous substance of sample L15-93
in 1100 – 1700 cm^{-1}**

Компонент	Положение, cm^{-1}	Полуширина, cm^{-1}	Площадь, усл. ед.
D1	1330.5_1	38_1	119_1
G	1584.3_2	31_1	70_1
D2	1617.9_5	20_2	12_1

Постимпактные выделения кремнезема в виде новообразованных зерен кварца и халцедона встречены почти во всех изученных образцах – жильном кварце, кварцевых импактитах с диаплектовым стеклом и коэситом. Примером типичных прожилковых постимпактных выделений кремнезема, образующихся в результате гидротермального процесса [7], являются просвечивающие светло-зеленые кремнеземные сферолитовые кочечки и прожилки (обр. Л8-93, рис. 1), часто встречающиеся в виде выполнений трещин в опоках коптогенного комплекса. Зона зарождения и геометрического отбора в них сложена зернами кварца и чешуйчатым халцедоном (рис. 3, и). Радиально-лучистая волокнистая часть сферолитов, по данным рентгеновской дифракции (табл. 1, рис. 2, Л8-93), выполнена неупорядоченным кристобалитом – люссатитом. Спектр ИК-поглощения сферолитов аналогичен таковому для

КТ-опалов. Он может быть интерпретирован как суперпозиции полос поглощения низкоупорядоченных фаз тридимита и кристобалита, что подтверждается данными рамановской спектроскопии. В характеристической области каркасных силикатов спектр комбинационного рассеяния сферолитов представляет собой доминирующую широкую полосу с максимумами 305 и 350 cm^{-1} , относящуюся к колебаниям решетки низкоупорядоченного тридимита, осложненную по крыльям полосами при 230 и 418 cm^{-1} , обусловленными кристобалитом [16].

Заключение

В результате комплексных текстурно-структурных и микрозондовых исследований материала импактивов Карской астроблемы выявлены индикаторные разновидности кварца и других модификаций кремнезема, представляющие основные стадии ударного метаморфизма пород мишиени

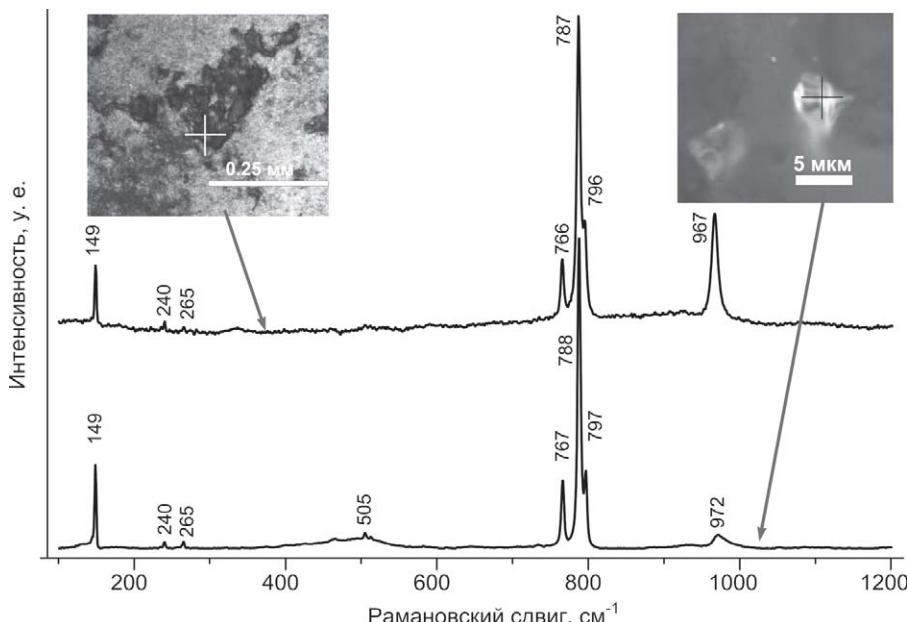


Рис. 6. Спектр комбинационного рассеяния включений карбида кремния (верхний спектр) и его отдельных микрокристаллов в обр. Л15-93 (области 5 на рис. 3, з)

Fig. 6. Raman spectrum of silicon carbide inclusions (upper spectrum) and its individual microcrystals in sample L15-93 (area 5 in Fig. 3, 3)

ни. В пробах кремнеземов выявлены следующие следы шокового метаморфизма: планарные трещины и планарные деформационные элементы, маркирующие низкопараметрические преобразования; сохранившийся коэсит в составе нераскристаллизованных диаплектических стекол, возникший в результате экстремально ударного сжатия пород; раскристаллизованные стекла плавления кварцодержащих пород в зонах развития высоких температур. Охарактеризованы типичные продукты новообразования кремнезема на гидротермальной стадии эволюции кратера, инициированной импактным процессом. Они представлены выделениями халцедона и низкоупорядоченного волокнистого кристобалита — люссатита, развитыми по кремнеземным обособлениям коптогенетического комплекса. Текстурные характеристики, полученные рентгенограммы, рамановские и ИК-спектры названных разновидностей кремнезема, отвечающих разной степени шокового метаморфизма кварца Карской астроблемы, могут быть использованы в качестве эталонов для выявления и диагностики аналогичных образований за пределами видимой границы астроблемы.

Автор искренне признателен со-трудникам Института геологии Кomi НЦ УрО РАН С. И. Исаенко, М. Ф. Са-мотоловой, Б. А. Макееву за выполнение аналитических работ методами рамановской, ИК-спектроскопии и

рентгеновской дифракции, а также выпускнику СыктГУ Н. С. Тихомирову за выполненное петрографическое изучение шлихов и огромную помощь при обработке фактического материала.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта программы фундаментальных исследований УрО РАН № 15-11-5-33 “Развитие инновационных технологий с целью эффективного и комплексного использования минерального сырья и получения новых материалов на минеральной основе”.

Литература

1. Алмазоносные импактиты Попигайской астроблемы / В. Л. Масайтис, М. С. Мацак, А. И. Райхлин и др. СПб.: ВСЕГЕИ, 1998. 179 с.
2. Букалов С. С., Михайличин Л. А., Зубавичус Я. В., Лейтес Л. А., Новиков Ю. Н. Исследование строения графитов и некоторых других sp^2 углеродных материалов методами микроспектроскопии КР и рентгеновской дифрактометрии // Рос. хим. журнал (Журнал хим. об-ва им. Д. И. Менделеева). 2006. Т. L. № 1. С. 83–91.
3. Импактные кратеры на рубеже мезозоя и кайнозоя / Под ред. В. Л. Масайтиса. Л.: Наука, 1990. 191 с.
4. Лютоев В. П. Структура и спектроскопия халцедона. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 115 с.
5. Мальков Б. А., Андреичев В. Л. Алмазоносные тагамиты Карской астроблемы // Вестник ИГ Кomi НЦ УрО РАН. 2010. № 3. С. 5–10.
6. Назаров М. А., Бадюков Д. Д., Алексеев А. С. и др. Карская ударная структура и ее связь с мел-палеогеновым событием // Бюл. Моск. об-ва испытателей природы. Отд. геол. 1993. Т. 68. Вып. 3. С. 13–32.
7. Наумов М. В. Основные закономерности постимпактного гидротермального процесса // Астроном. Вестник. 1996. Т. 30. № 1. С. 25–32.
8. Плюснина И. И. Метаморфические реакции низкотемпературного кремнезема. М.: Изд-во МГУ, 1983. 226 с.
9. Юшкин Н. П., Лысюк А. Ю. Сценарий и основные параметры Карского импактного события // Вестник ИГ Кomi НЦ УрО РАН. 2001. № 8. С. 14–17.
10. Boyer H., Smith D. C., Chopin C., Lasnier B. Raman microprobe (RMP) determinations of natural and synthetic coesite // Phys. Chem. Minerals, 1985. V. 12. P. 12–48.
11. Grieve R. A. F. Extraterrestrial impact events: the record in the rocks and the stratigraphic column // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1997. V. 132. P. 5–23.
12. Gibbs G. V., Prewitt C. T., Baldwin K. J. A study of the structural chemistry of coesite // Zeitschr. Kristal., 1977. Bd. 145. S. 108–123.
13. Graetsch H., Flörke O. W., Miehe G. Structural defects in microcrystalline silica // Phys. Chem. Minerals, 1987. C. 14. P. 249–257.
14. Heaney P. J., Veblen D. R., Post J. E. Structural disparities between chalcedony and macrocrystalline quartz // Amer. Miner., 1994. V. 79. P. 452–460.
15. Ikuta D., Kawame N., Banno S., Hirajima T., Ito K., Rakovan J. F., Downs R. T., Tamada O. First in situ X-ray identification of coesite in ultrahigh-pressure metamorphic rock and their crystal structure details // Amer. Miner., 2007. V. 92. P. 57–63.
16. Iliava A., Mihailova B., Tsintsov Z., Petrov O. Structural state of microcrystalline opals: A Raman spectroscopic study // Amer. Miner., 2007. V. 92. P. 1325–1333.
17. Kingma K.J., Hemley R.J. Raman spectroscopic study of microcrystalline silica // Amer. Miner., 1994. V. 79. P. 269–273.
18. Murata J., Norman M.B. An index of crystallinity for quartz // Amer. J. Sci. 1976. V. 276. P. 1120–1130.
19. Silica / Rev. Mineral., 1994. V. 29. 606 p.
20. Tan P. H., Dimovski S., Gogotsi Yu. Raman scattering of non-planar graphite:



arched edges, polyhedral crystals, whiskers and cones // Phil. Trans. R. Soc. London. A, 2004. V. 362. P. 2289–2310.

21. Williams Q., Hemley R. J., Kruger M. B., Jeanlos R. High pressure infrared spectra of α -quartz, coesite, stishovite and silica glass // J. Geophys. Res., 1993. V. 98. P. 22157–22170.

References

1. *Alazonosnye impakty Popigaiskoi astroblemy* (Diamond-bearing impactites of Popigay astrobleme). Masaitis V. L., Maschak M. S., Raihlin A. I. et al., Saint-Petersburg, VSEGEI, 1998, 179 pp.
2. Bukalov S. S., Mihailitsin L. A., Zubavichus Ya. V., Leites L. A., Novikov Yu. N. *Issledovanie stroeniya grafitov i nekotoryh drugih sp² uglerodnyh materialov metodami mikro-spektroskopii KR i rentgenovskoi difraktometrii* (Study of structure of graphite and some sp² carboniferous materials by microspectroscopy and X-ray diffractometry). Ros. him. zh., 2006, V. L, No. 1, pp. 83–91.
3. *Impaktnye kratery na rubezhe mezozoya i kainozoya* (Impact craters at boundary between Mesozoic and Cenozoic). Editor V. L. Masaitis. Leningrad, Nauka, 1990, 191 pp.
4. Lyutoev V. P. *Struktura i spektroskopiya halsedona* (Structure and spectroscopy of chalcedony). Ekaterinburg, UrO RAN, 2004, 115 pp.
5. Malkov B. A., Andreichev V. L. *Alazonosnye tagamity Karskoi astroblemy* (Diamond-bearing tagamites of Kara astrobleme). Vestnik IG Komi SC UB RAS, 2010, No. 3, pp. 5–10.
6. Nazarov M. A., Badyukov D. D. Alekseev A. S. et al. *Karskaya udarnaya struktura i ee svyaz s mel-paleogenovym sobytiem* (Kara impact structure and its connection with Cretaceous-Paleogenetic event). 1993, V. 68, No. 3, pp. 13–32.
7. Naumov M. V. *Osnovnye zakonomernosti postimpaktnogo gidrotermalnogo protsessa* (Basic regularities of postimpact hydrothermal process). Astronom. vestnik, 1996, V. 30, No. 1, pp. 25–32.
8. Plyusnina I. I. *Metamorficheskie reaktsii nizkotemperaturnogo kremnezema* (Metamorphic reactions of low temperature silica). Moscow, MGU, 1983, 226 pp.
9. Yushkin N. P., Lysyuk A. Yu. *Stsenarii i osnovnye parametry Karskogo impaktnogo sobytiya* (Scenarios and basic parameters of Kara impact event). Vestnik IG Komi SC UB RAS, 2001, No. 8, pp. 14–17.
10. Boyer H., Smith D. C., Chopin C., Lasnier B. Raman microprobe (RMP) determinations of natural and synthetic coesite. Phys. Chem. Minerals, 1985, V. 12, pp. 12–48.
11. Grieve R. A. F. Extraterrestrial impact events: the record in the rocks and the stratigraphic column. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1997, V. 132, pp. 5–23.
12. Gibbs G. V., Prewitt C. T., Baldwin K. J. A study of the structural chemistry of coesite. Zeitschr. Kristal., 1977, Bd. 145, pp. 108–123.
13. Graetsch H., Flörke O. W., Miehe G. Structural defects in microcrys-
- talline silica. Phys. Chem. Minerals, 1987, C. 14, pp. 249–257.
14. Heaney P. J., Veblen D. R., Post J. E. Structural disparities between chalcedony and macrocrystalline quartz. Amer. Miner., 1994, V. 79, pp. 452–460.
15. Ikuta D., Kawame N., Banno S., Hirajima T., Ito K., Rakovan J. F., Downs R. T., Tamada O. First in situ X-ray identification of coesite in ultrahigh-pressure metamorphic rock and their crystal structure details. Amer. Miner., 2007, V. 92, pp. 57–63.
16. Iliava A., Mihailova B., Tsintsov Z., Petrov O. Structural state of microcrystalline opals: A Raman spectroscopic study. Amer. Miner., 2007, V. 92, pp. 1325–1333.
17. Kingma K.J., Hemley R.J. Raman spectroscopic study of microcrystalline silica. Amer. Miner., 1994, V. 79, pp. 269–273.
18. Murata J., Norman M.B. An index of crystallinity for quartz. Amer. J. Sci. 1976, V. 276, pp. 1120–1130.
19. Silica / Rev. Mineral., 1994, V. 29, 606 p.
20. Tan P. H., Dimovski S., Gogotsi Yu. Raman scattering of non-planar graphite: arched edges, polyhedral crystals, whiskers and cones. Phil. Trans. R. Soc. London. A, 2004, V. 362, pp. 2289–2310.
21. Williams Q., Hemley R. J., Kruger M. B., Jeanlos R. High pressure infrared spectra of α -quartz, coesite, stishovite and silica glass. J. Geophys. Res., 1993, V. 98, pp. 22157–22170.

Рецензент
д. г.-м. н. Ю. Л. Войтеховский



УДК 549(234.853)

О МЁССБАУЭРИТЕ ИЗ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРЕСНОВОДНЫХ ОЗЕР ИЛЬМЕНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА (ЮЖНЫЙ УРАЛ)



П. М. Вализер¹, Е. П. Щербакова², Н. К. Никандрова², А. С. Никандров¹, С. Н. Никандров¹

¹ Ильменский государственный заповедник УрО РАН, Миасс
nik@ilmeny.ac.ru

² Институт минералогии УрО РАН, Миасс
sherbakova@mineralogy.ru

Приводятся дополнительные данные о минералах группы фужерита $\text{Fe}^{2+}_{6(1-x)}\text{Fe}^{3+}_{6x}\text{O}_{12}\text{H}_{2(7-3x)}\text{CO}_3\times 3\text{H}_2\text{O}$, обнаруженных ранее в донных отложениях озера Большой Таткуль Ильменского заповедника (Южный Урал). Показано, что всё железо в фужеритсодержащих отложениях связано с карбонатной компонентой, а именно с членами группы — требёрденитом и мёссбауэритом, причем последний образует два различных полигипса — 2T и 3T. Полигипс 2T ранее в природе не отмечался.

Ключевые слова: мёссбауэрит-2T, мёссбауэрит-3T, требёрденит, рентгеновская дифрактометрия, озерные мергели, озеро Большой Таткуль, Ильменский заповедник.

ABOUT MÖSSBAUERITE FROM THE BOTTOM SEDIMENTS OF THE FRESHWATER LAKES OF THE ILMENSKY RESERVE (SOUTH URALS)

P. M. Valizer¹, E. P. Shcherbakova², N. K. Nikandrova², A. S. Nikandrov¹, S. N. Nikandrov¹

¹Ilmensky State Reserva, UB Rus. Acad. Sci., Miass

²Institute of Mineralogy, UB Rus. Acad. Sci., Miass

Additional data on fousgerite group minerals from the bottom sediments of the Bolshoy Tatkul Lake of the Ilmensky Reserve (South Urals) are given. It is shown that in fousgerite-bearing sediments all iron is connected with carbonate component namely with such members of the group as trebeurdenite and mössbauerite. The last forms two various polytypes, mössbauerite-2T and mössbauerite-3T. Polytype 2T has not been noted in nature before.

Keywords: mössbauerite-2T, mössbauerite-3T, trebeurdenite, X-ray diffractometry, lacustrine marls, Bolshoy Tatkul Lake, Ilmensky Reserve.

Введение

Мёссбауэрит $\text{Fe}^{3+}_{6}\text{O}_4(\text{OH})_8\times \times \text{CO}_3\times 3\text{H}_2\text{O}$, требёрденит $\text{Fe}^{2+}_2\text{Fe}^{3+}_4\times \times \text{O}_2(\text{OH})_{10}\text{CO}_3\times 3\text{H}_2\text{O}$ и фужерит $\text{Fe}^{2+}_4\text{Fe}^{3+}_2(\text{OH})_{12}\text{CO}_3\times 3\text{H}_2\text{O}$ впервые были обнаружены в глеевых почвах Франции, а затем в донных отложениях пресноводных озер Ильменского заповедника (рис.1) [1, 4, 6]. Для их определения были разработаны специальные диагностические модели, адаптированные к различным типам природных систем и основанные на комплексе мёссбауэровских и рентгеноdifракционных данных [2–5]. С целью выявления границ применимо-

сти подобных моделей к системам, в которых помимо фужеритов могут присутствовать и другие минералы железа, нами были проведены дополнительные исследования озерных мергелей из донных отложений озера Большой Таткуль, содержащих ассоциацию требёрденит + мёссбауэрит [1]. Полученные результаты кратко излагаются ниже.

Общая характеристика фужеритсодержащих озерных мергелей

Озерные мергели в свежем виде имеют характерный голубовато-серый

цвет и визуально однородны. По мере высыхания цвет и макроструктура мергелей меняются, голубоватый оттенок исчезает. Полностью высохшие пробы представляют собой неоднородные, окрашенные в светлые желтовато-зеленоватые или зеленовато-сероватые тона агрегаты, в которых отдельные фрагменты индивидов споды размежеваны в доли миллиметра сцементированы тонкозернистой глинисто-карбонатной массой. Содержания железа в озерных мергелях изменяются от 3.85 до 4.35 %, что существенно превышает аналогичный показатель для вышележащих сапропелей (рис. 2); соотно-



шения $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+})$ варьируют в интервале 0.23—0.34.

Для полного удаления карбонатной компоненты пробы фужеритсодержащих мергелей была многократно обработана соляной кислотой. Полученный солянокислый раствор дает положительные реакции на Fe^{2+} с красной кровяной солью $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ и на Fe^{3+} с желтой кровяной солью $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Бескарбонатный остаток состоит из зерен и чешуек светлых безжелезистых минералов — кварца, слюды, полевых шпатов, каолинита. Цветные минералы, в частности хлориты, отсутствуют.

Результаты и их обсуждение

Ключевые линии перечисленных выше минералов определяют общий рисунок дифрактограмм озерных мергелей, который осложняется серией рефлексов слабой интенсивности (рис. 3). Среди них выделяются отражения, которые принято относить к характеристическим для членов группы фужерита. Так, в области 7.32—7.37 Å, на правой стороне каолинитового рефлекса локализуется отражение 003, величины межплоскостных расстояний для которого зависят от соотношения $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+})$. При уменьшении доли двухвалентного же-

леза, то есть при переходе от собственно фужерита к мёссбауэриту, они изменяются от 7.57—7.63 Å до 7.30—7.34 Å [1, 3—6]. Анализ рентгеновских данных показывает, что среди членов группы фужерита, установленных в озерных мергелях Большого Таткуля, преобладает именно мёссбауэрит, который встречается в виде двух различных политипов — 2T и 3T (см. таблицу). Следует подчеркнуть, что политип 2T ранее вообще не отмечался в природе [5].

Выводы

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы. В озерных мергелях Большого Таткуля железо связано исключительно с карбонатной компонентой, а именно с представителями группы фужерита — требёрденитом и мёссбауэритом. Эти минералы кристаллизуются из Fe-содержащих поровых растворов на безжелезистых подложках, роль которых выполняют слоистые силикаты, прежде всего слюды. Образование того или иного политипа определяется, по-видимому, характером и степенью дефектности подложки.

Литература

1. Вализер П. М., Щербакова Е. П., Никандрова Н. К., Никандров А. С., Никандров С. Н. О находках минералов

группы фужерита в пресноводных озерах Ильменского заповедника (Южный Урал) // Вестник Института геологии Коми НЦ. 2012. № 5. С. 6—8.

2. Christiansen B. C., Balic-Zunic T., Dideriksen K., Stipp S. L. S. Identification of green rust in groundwater // Environ. Sci. Techn., 2009. V.43. P. 3436—3441.

3. Génin J.-M. R. From fougerite to mössbauerite through trebeurdenite; redox reactions in gleysols and role of bacteria // Mössbauer Effect Reference and Data Journal. 2013. № 6. P. 113—160.

4. Génin J.-M. R., Guérin O., Herbillon A. J., Kuzman E., Mills S. J., Morin G., Ona-Nguema G., Ruby C., Upadhyay C. Redox topotactic reactions in $\text{Fe}^{\text{II-III}}$ (oxy)-hydroxycarbonate new minerals related to fougerite in gleysols; «trebeurdenite» and «mössbauerite» // Hyperfine interactions. 2012. V. 204. P. 71—81.

5. Génin J.-M. R., Mills S. J., Christy A. G., Guérin O., Herbillon A. J., Kuzmann E., Ona-Nguema G., Ruby C., Upadhyay C. Mössbauerite, $\text{Fe}^{3+}\text{O}_4(\text{OH})_8[\text{CO}_3]\text{H}_2\text{O}$, the fully oxidized ‘green rust’ mineral from Mont Saint-Michel Bay, France // Mineralogical Magazine. 2014. V. 78. P. 447—465.

6. Mills S. J., Christy A. G., Günin J.-M. R., Kameda T., Colombo F. Nomenclature of the hydrotalcite supergroup: natural layered double hydroxides // Min. Mag., 2012. V.76(5). P. 1289—1336.

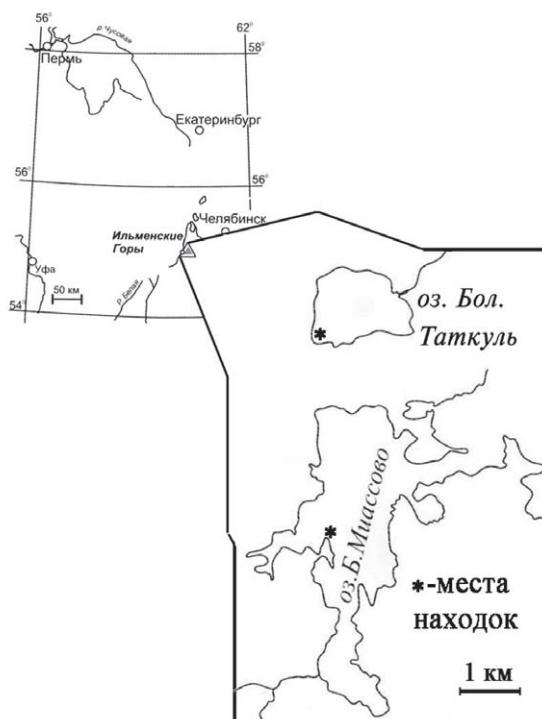


Рис. 1. Места находок минералов группы фужерита на территории Ильменского заповедника

Fig. 1. Occurrences of fujerite minerals on the territory of Ilmen Reserve

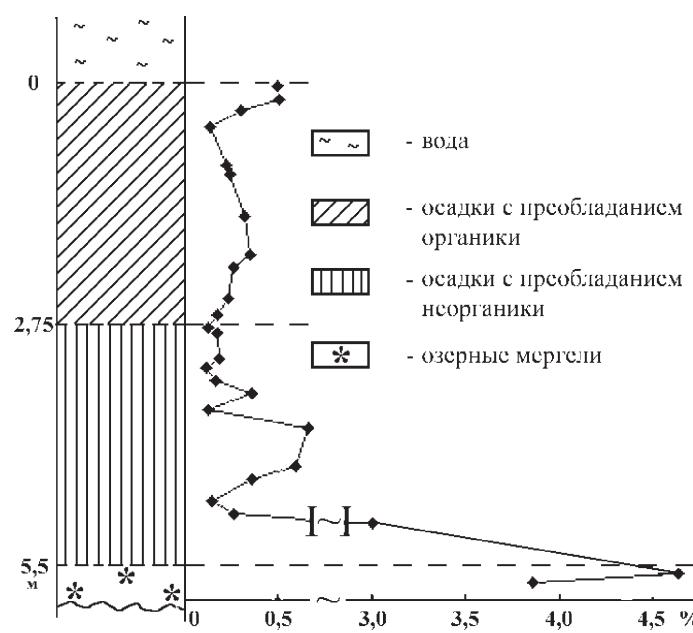


Рис. 2. Распределение железа в донных отложениях оз. Б. Таткуль (РФА, полуколичественный анализ, масс. %)

Fig. 2. Distribution of iron in the bottom sediments of the B. Tatkul Lake XFA, semi-quantitative analysis, % wt)

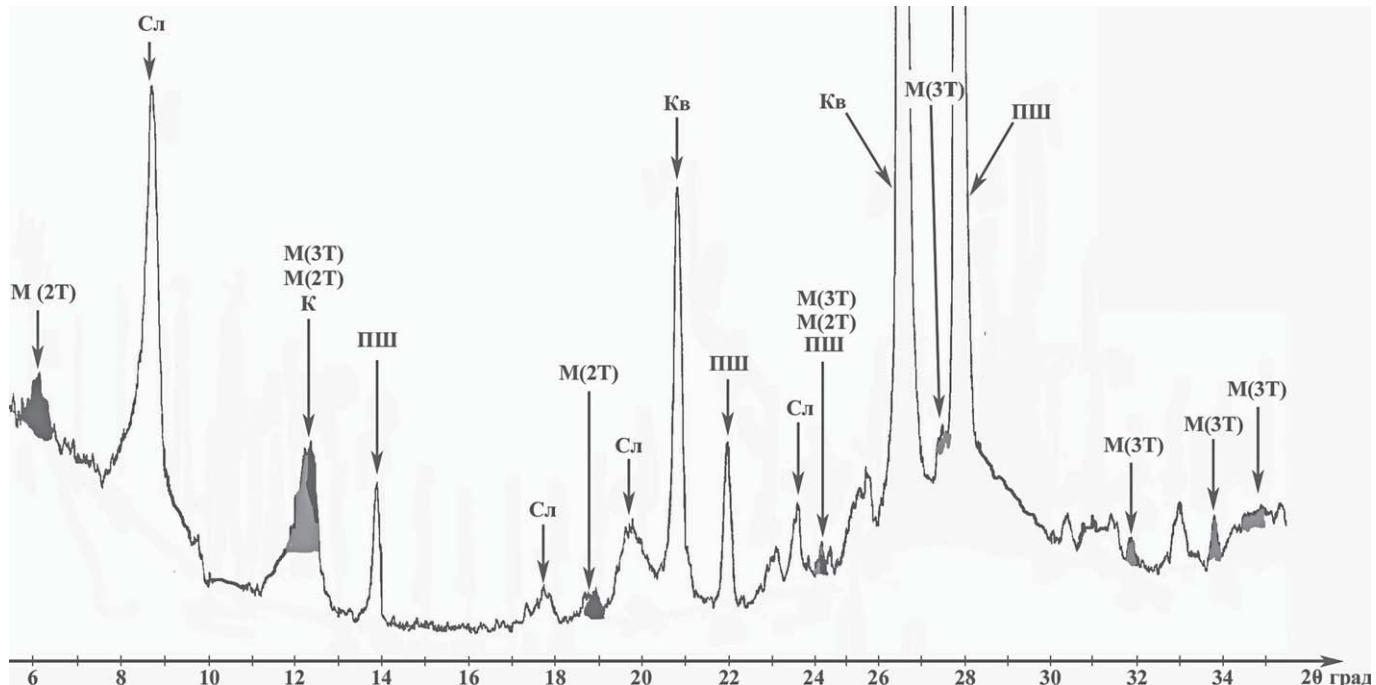


Рис. 3. Рентгенограмма озерных мергелей из озера Большой Таткуль. Условия съемки: дифрактометр ДРОН-2.0, Cu К α -излучение, 1 град/мин, аналитик Т. Н. Григорьева (ИГиМ, СО РАН, Новосибирск)

Fig. 3. X-ray pattern of lacustrine marls of the Bolshoy Tatkul Lake. Conditions: DRON-2.0 diffractometer, Cu K α -radiation, 1 grad/min, analyst T. N. Grigoriev(IJM, SB RAS, Novosibirsk)

Межплоскостные расстояния различных политипов мёссбауэрита Interplanar distances of various mössbauerite polytypes

References

1. Valizer P. M., Shcherbakova E. P., Nikandrova N. K., Nikandrov A. S., Nikandrov S. N. *O nahodkah mineralov gruppy fuzherita v presnovodnyh ozerah Ilmenskogo zapovednika (Yuzhnyi Ural)* (Findings of fouggerite mineralas in fresh water lakes in Ilmen reserve (South Urals). Vestnik of Institute of Geology Komi SC, 2012, No. 5, pp. 6–8.

2. Christiansen B. C., Balic-Zunic T., Dideriksen K., Stipp S.L.S. Identification of green rust in groundwater. Environ. Sci. Techn., 2009, V. 43, pp. 3436–3441.

3. Génin J.-M.R. From fouggerite to mössbauerite through trebeurdenite; redox reactions in gleysols and role of bacteria. Mössbauer Effect Reference and Data Journal, 2013, No. 6, pp. 113–160.

4. Génin J.-M.R., Guérin O., Herbillon A. J., Kuzman E., Mills S. J., Morin G., Ona-Nguema G., Ruby C., Upadhyay C. Redox topotactic reactions in Fe^{II-III}(oxy)-hydroxycarbonate new minerals related to fouggerite in gleysols; «trebeurdenite» and «mössbauerite». Hyperfine interactions, 2012, V. 204, pp. 71–81.

1*		2*		hkl	
d, Å	I	d, Å	I	3T	2T
		22.79	80	001	
14.49	5	14.11	100		001
7.37	14	7.471	65	003	002
		4.715	1		003
		3.880	1		
3.69	2	3.691	2	006	004
		3.211	3	007	
		3.099	3		
2.81	2	2.806	4	008	
2.66	5	2.663	4	010	010
2.53	5	2.557	30	012	

* 1 — Озерные мергели оз. Б. Таткуль, содержащие мёссбауэрит и требёрденит. Линии главных минералов — кварца, полевых шпатов, мусковита и каолинита — исключены (рис. 3). 2 — Синтетический аналог мёссбауэрита [5].

* 1 — Lacustrine marls from the Bolshoy Tatkul Lake including mössbauerite and trebeurdenite. Lines of main mineralas — quartz, feldspars, muscovite and kaolinite — excluded (Fig. 3). 2 — Synthetic analog of mössbauerite [5].

5. Génin J.-M. R., Mills S. J., Christy A. G., Guérin O., Herbillon A. J., Kuzmann E., Ona-Nguema G., Ruby C., Upadhyay C. Mössbauerite, $\text{Fe}^{3+}\text{O}_4(\text{OH})_8[\text{CO}_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, the fully oxidized ‘green rust’ mineral from Mont Saint-Michel Bay, France. Mineralogical Magazine, 2014, V. 78, pp. 447–465.

6. Mills S.J., Christy A.G., Génin J.-M.R., Kameda T., Colombo F. Nomenclature of the hydrotalcite supergroup: natural layered double hydroxides. Min. Mag., 2012, V.76(5), pp. 1289–1336.

Рецензент
к. г. -м. н. Г. Н. Лысюк



ИЗОТОПЫ УГЛЕРОДА АМИНОКИСЛОТ В ПАТОГЕННЫХ БИОМИНЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ



С. Н. Шанина, В. И. Каткова, Е. В. Машина

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

Shanina@geo.komisc.ru, Katkova@geo.komisc.ru, Borovkova@geo.komisc.ru

Влияние процессов метаболизма на изотопные соотношения биогенных элементов в живых организмах может быть использовано для ранней диагностики патологий разной этиологии, но в настоящее время остается малоизученным. Получены результаты по исследованию изотопного состава углерода аминокислот семи образцов патогенных биоминеральных образований, сформированных в организме человека (уролиты и холелиты) и различающихся по минеральному составу. Изотопный состав углерода полученных эфиров аминокислот определен с помощью масс-спектрометра DeltaVAdvantage (Thermo), соединенного с газовым хроматографом Trace GC Ultra (Thermo, капиллярная колонка DB-5) и системой IsoLink. Замечено, что в кристаллических образованиях углеводородного состава (мочевая кислота, билирубинат кальция) изотопный состав углерода большинства изученных аминокислот облегчен.

Ключевые слова: изотопы, аминокислоты, уролиты, холелиты, биоминеральные образования.

ISOTOPES OF CARBON OF AMINO ACIDS IN PATHOGENIC BIOMINERAL FORMATIONS

S. N. Shanina, V. I. Katkova, E. V. Mashina

Institute of Geology Komi SC UB RAS, Syktyvkar

The influence of processes of a metabolism on isotope parities of biogenic elements in living organisms can be used for early diagnostics of different pathologies, but now remains poorly studied. The results on research of isotope composition of the carbon of amino acids of seven samples of the pathogenic biomimetic formations generated in human organism (urolites and cholelites), differing on mineral structure, were received. The isotope structure of carbon of the received ethers of amino acids was determined by means of mass-spectrometer DeltaVAdvantage (Thermo) connected with gas chromatograph Trace GC Ultra (Thermo, capillary column DB-5) and system IsoLink. It was noticed that in crystal formations of the hydrocarbonic structure (a uric acid, a bilirubinate of calcium) the isotope structure of carbon of the majority of the studied amino acids was simplified.

Keywords: isotopes, amino acids, kidney stones, gallstones, biomimetic formations.

Исследование состава изотопов в органических соединениях актуально для выявления биогенного или абиогенного происхождения вещества. В настоящее время данные об изотопном составе углерода, особенно на молекулярном уровне, активно используют в геохимических, медицинских исследованиях, а также для получения информации об источнике происхождения белков и сахаров в пищевой промышленности.

Аминокислоты, входящие в состав белка, имеют разный изотопный состав углерода [1, 3–5]. Значительный диапазон вариаций изотопного состава углерода аминокислот отражает разницу в биохимических путях

метаболизма, приводящих к синтезу отдельных специфических аминокислот. Так, например, эксперименты показали [6], что эритроциты крови человека при употреблении напитков, подслащенных сахаром, обогащаются легким изотопом $\delta^{13}\text{C}_{\text{аланина}}$.

Данная работа посвящена сравнительному анализу изотопного состава углерода аминокислот в уролитах и холелитах, различающихся по минеральному составу.

Объекты и методы исследований

В качестве материала для определения изотопного состава индивидуальных аминокислот послужили 7 об-

разцов, включая уролиты, состоящие из мочевой кислоты ($\text{C}_5\text{N}_4\text{H}_4\text{O}_3$), карбонатгидроксилапатита ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3 \times \times (\text{OH}, \text{CO}_3)$) и струвита ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \times \times 6\text{H}_2\text{O}$), и холелиты, в составе которых определены билирубинат кальция, холестерин ($\text{C}_{27}\text{O}_{45}\text{OH}$), арагонит (CaCO_3).

Для извлечения аминокислот из образцов применяли кислотный гидролиз в 6М HCl при 105 °C в течение 12 часов. Выделенные из гидролизата аминокислоты очищали от примесей и переводили в N-пентафторпропионовые изопропиловые эфиры соответствующих аминокислот. Идентификация и определение содержания аминокислот в образцах выполнены на газо-



вом хроматографе GC-17A (Shimadzu, капиллярная колонка Chirasil-L-Val). Изотопный состав углерода полученных эфиров аминокислот определен с помощью масс-спектрометра Delta VAdvantage (Thermo), соединенного с газовым хроматографом Trace GC Ultra (Thermo, капиллярная колонка DB-5) и системой IsoLink.

Пересчет полученных значений изотопного состава производных аминокислот на исходные аминокислоты производили по формуле:

$$\delta^{13}\text{C}_c = 1/n_c(n_{cd}\delta^{13}\text{C}_{cd} - n_d\delta^{13}\text{C}_d),$$

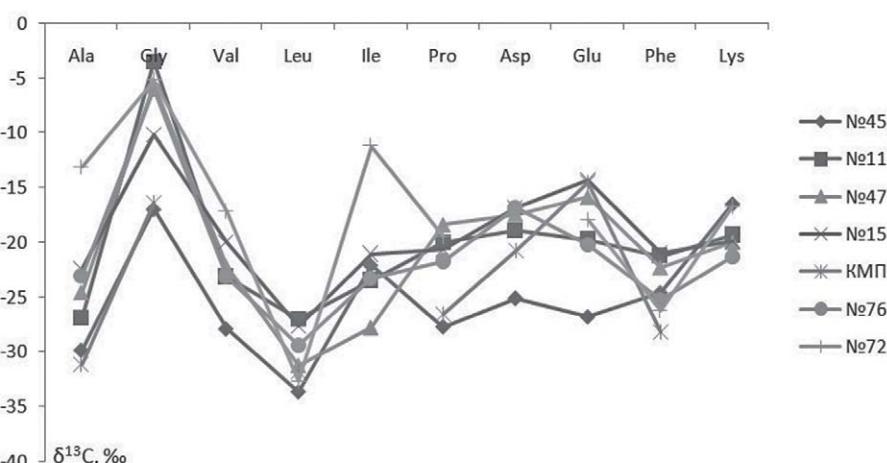
где n – число атомов углерода, c – аминокислота, d – дериват, cd – дериват аминокислоты. Погрешность измерений составила $\pm 1.8 \%$ для углерода аминокислот.

Результаты исследований

Исследован изотопный состав углерода десяти индивидуальных аминокислот для патогенных биоминеральных образований (мочевые камни и холелиты) (см. рисунок). Установлено, что $\delta^{13}\text{C}$ аминокислот отличается не только у изученных биоминералов, но и внутри каждой группы и зависит от особенностей состава камней и условий их биосинтеза. При этом во всех изученных патогенных биоминеральных образованиях сохраняется тенденция, характерная для природных объектов [2]: изотопически тяжелой аминокислотой по углероду является глицин, а изотопически легкой – лейцин. Зависимости $\delta^{13}\text{C}_{\text{AK}}$ от содержания аминокислот и их принадлежности к незаменимым аминокислотам не установлено.

Мочевые камни. В фосфатных мочевых камнях (№ 11, 15, 47) значения $\delta^{13}\text{C}$ для индивидуальных аминокислот меняются от -3.5 до -27.7% . Практически для всех изученных аминокислот характерны незначительные вариации изотопного состава в пределах 2 – 6% между исследованными образцами. Значительные отличия характерны для образца № 45 (мочевая кислота), изотопный состав углерода аминокислот которого заметно облегчен. При этом значительное облегчение $\delta^{13}\text{C}$ характерно для аланина, глицина, валина, аспарагиновой, глутаминовой кислот и пролина.

Желчные камни. Отличительной особенностью изученных желчных камней является изотопный состав углерода фенилаланина, который облегчен на 4 – 5% по сравнению с мочевыми камнями. Кроме того, в холелитах установлены значительные вариации $\delta^{13}\text{C}_{\text{AK}}$ между изученными образцами для ала-



Изотопный состав углерода аминокислот уролитов и холелитов: Ala – аланин, Gly – глицин, Val – валин, Leu – лейцин, Ile – изолейцин, Pro – пролин, Asp – аспарагиновая кислота, Glu – глутаминовая кислота, Phe – фенилаланин, Lys – лизин

Isotope composition of carbon in amino acids of kidney stones and gallstones: Ala – alanine, Gly – glycine, Val – valine, Leu – leucine, Ile – isoleucine, Pro – proline, Asp – aspartic acid, Glu – glutamic acid, Phe – phenylalanine, Lys – lysine

нина, валина и лизина. Наибольшие отличия в изотопном составе углерода аминокислот характерны для пигментного холелита (КМП), имеющего в составе билирубинат кальция. В нем хорошо заметно облегчение $\delta^{13}\text{C}_{\text{AK}}$ по сравнению с изученными камнями холестеринового состава (№ 72, 76).

Таким образом, предварительные результаты по исследованию изотопного состава углерода аминокислот в уролитах и холелитах показали, что в кристаллических образованиях углеводородного состава (мочевая кислота, билирубинат кальция) изотопный состав углерода большинства изученных аминокислот облегчен. Однако в настоящий момент нельзя говорить, как проходит дифференциация состава $\delta^{13}\text{C}_{\text{AK}}$ при формировании патогенных биоминеральных образований в организме человека. Исследования в этом направлении будут продолжены.

Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект № 15-18-5-5.

Литература

- Галимов Э. М. Изотопы углерода в нефтегазовой геологии. М.: Недра, 1973. 384 с.
- Шанина С. Н., Бушнев Д. А. Изотопный состав углерода аминокислот твердых битумов // ДАН. 2014. Т. 456. № 5. С. 586–590.
- Abelson P. H., Hoering T. C. Carbon isotope fractionation in formation of amino acids by photosynthetic organisms // Proceedings of the National Academy of Sciences, 1961, V. 47, No. 5. P. 623–632.
- Macko S. A., Estep M. L. F. Microbial alteration of stable nitrogen and carbon isotopic compositions of organic matter // Organic Geochemistry, 1984, V. 6, pp. 787–790.
- Keil R. G., Fogel M. L. Reworking of amino acid in marine sediments: Stable carbon isotopic composition of amino acids in sediments along the Washington coast // Limnol. Oceanogr., 2001. V. 46. P. 14–23.
- Choy K., Nash S. H., Krista A. R., Hopkins S., Boyer B. B., O'Brien D. M. The Carbon Isotope Ratio of Alanine in Red Blood Cells Is a New Candidate Biomarker of Sugar-Sweetened Beverage Intake // The Journal of Nutrition, 2013. V. 143: P. 878–884.

Рецензент
д. г.-м. н. О. В. Мартиросян



ПЕРВЫЙ НАБОР МАГИСТРАНТОВ КАФЕДРЫ ГЕОЛОГИИ

FIRST GEOLOGY MASTER'S STUDENT ADMISSION

7 сентября 2015 г. – день, знаменательный для кафедры геологии Института естественных наук СГУ им. Питирима Сорокина. В этот день первому набору магистрантов были вручены студенческие билеты. Это означает, что по направлению «геология» в университете впервые открыта магистерская программа «Геология и геохимия твердых и жидкых полезных ископаемых». В магистратуру на бюджетные места поступили 12 человек, в основном выпускники-бакалавры кафедры геологии, а также бакалавры других направлений подготовки университета (экономика, техно-сферная безопасность) и Лесного института. Еще два человека поступили на контрактной основе.

Поздравляем первых магистрантов кафедры геологии с началом учебного года! Желаем успешной учебы, покорения новых высот в научной и производственной деятельности!



ХРОНИКА

2 сентября – 30 лет работы в институте младшего научного сотрудника лаборатории палеонтологии Людмилы Анатольевны Сельковой

6–26 сентября сотрудники лаборатории стратиграфии М. А. и Д. Б. Соболевы приняли участие в работе международного симпозиума «Climate change and Biodiversity Patterns in the Mid-Paleozoic» г.布鲁塞尔 (Бельгия)

10 сентября – 90 лет со дня рождения петрографа Анны Николаевны Шулеповой (1925–2012)

6 сентября – 50 лет работы в институте инженера группы эксплуатации и ремонта зданий, сооружений и автотранспорта Николая Петровича Калмыкова

7–14 сентября директор Института геологии академик А. М. Асхабов принял участие в V Европейской конференции по росту кристаллов в г. Болония (Италия)

7–13 сентября д. г.-м. н. Е. А. Голубев принял участие в работе VIII Европейской конференции по минералогии и спектроскопии в г. Рим (Италия)

12–20 сентября к. г.-м. н. Н. Н. Носкова приняла участие в работе X Международной сейсмологической школы «Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных» в пос. Новханы (Азербайджан)

15 сентября – 55 лет работы в институте ведущего научного сотрудника лаборатории минерально-сырьевых ресурсов Евгения Павловича Калинина

20 сентября – 50-летний юбилей с. н. с. лаборатории минералогии к. г.-м. н. Юрия Валентиновича Глухова

24 сентября – 25 лет работы в институте начальника общего отдела Снежаны Александровны Божеско

Chronicle

September, 2 – junior researcher of the laboratory of paleontology Lyudmila Anatolevna Selkova celebrates 30 years of work at the institute

September, 6–26 – scientists of laboratory of stratigraphy M. A. and D. B. Sobolevs attended the International Symposium «Climate change and Biodiversity Patterns in the Mid-Paleozoic» in Brussels (Belgium)

September, 10 – 90 years since the birth of petrographist Anna Nikolaevna Shulepova (1925–2012)

September, 6 – Nikolay Petrovich Kalmykov celebrates 50 years of work as an engineer of the group of operation and maintenance of buildings and vehicles

September, 7–14 – Director of the Institute of Geology Academician A. M. Askhabov participated in the 5th European Conference on Crystal Growth in Bologna (Italy)

September, 7–13 – DSc. geol.-min. E.A. Golubev took part in the 8th European Conference on Mineralogy and Spectroscopy, Rome (Italy)

September, 12–20 – PhD geol.-min. N. N. Noskova took part in the 10th International Seismological school «Modern methods of processing and interpretation of seismic data» Novkhani (Azerbaijan)

September, 15 – Evgeny Pavlovich Kalinin celebrates 55 years of work at the institute as a leading researcher of laboratory of mineral resources

September, 20 – 50th anniversary of senior researcher of laboratory of mineralogy PhD geol.-min. Yury Valentinovich Glukhov

September, 24 – Chief of General Department Snejhana Aleksandrovna Bozhesko celebrates 25 years of work at the institute



НЕСКОЛЬКО ДНЕЙ ВЕСНЫ

(ИЗ ДНЕВНИКОВ АКАДЕМИКА РАН Н. П. ЮШКИНА)

1975 год

Представлены записи из персональных дневников академика Н. П. Юшкина за период весны 1975 г.

SOME SPRING DAYS

(FROM DIARIES OF ACADEMICIAN OF RAS N. P. YUSHKIN)

1975

The records from personal diaries of the academician N. P. Yushkin the period of spring 1975 are presented.

В марте

Написал две статьи: о южноновоzemельской экспедиции В. А. Русанова и о ртути в гидротермальных месторождениях.

Был на общем собрании ВМО.

Решил положительно вопрос о Все-союзном минералогическом семинаре по информации и начал подготовку.

Решил в принципе вопрос об организации Сыктывкарского отделения ВМО и начал работу по организации.

1 апреля. Вторник

9⁰⁰. Лаборатория.

Боболович уезжает в командировку с диссертацией.

Обход.

Кунц с Морозовым привезли дюралевые домики для экспедиции 12⁰⁰. Казань.

Встретили В. М. Винокурова и М. А. Урасина. Поездка по Казани. Огромный аккуратный город.

В университете. Экскурсия по лабораториям кафедры минералогии и петрографии. Сильные впечатления от физики. Лучшая кафедра. Впечатлили резонансные методы.

Гостиница "Дуслык".

2 апреля. Среда. Казань

11⁰⁰. ЭПР аллофана.

Утром встретился с В. М. Винокуровым. Посмотрели музей КГУ. В минералогическом музее – дереволюционные коллекции, приобретенные в Англии. Но есть несколько очень великолепных образцов, которые не плохо было бы сфотографировать. Хорош палеонтологический отдел. Потом попытались использовать [...] для определения характера вхождения воды в аллофан. Вторую половину дня провел с А. И. Отрешко и в Геолруде

(ВНИИ). Институт особого впечатления не производит. А. И. работает по-прежнему в прогнозе.

Вечером встретился с В. И. Авдониным из Свердловска. Он тоже оппонент.

3 апреля. Четверг. Казань

Беседовал с В. В. Грузой. Он интересно работает в области теоретической геологии. После обеда были защиты. Первым защищался Р. С. Казаков из Уфы о баритах Южного Урала. Потом М. А. Урасин, у которого я и был оппонентом. Защита прошла хорошо, был только один испорченный бюллетень. Дискуссия была бурной, но направленной положительно – выступающие поругались между собой по мат. статистике. Затем традиционный банкет на квартире у соискателя. Кафедра была почти вся. Ребята здесь дружные. Завел много минералогических знакомств.

4 апреля. Пятница

Ночь провел в аэропорту. Утром приехал проводить меня М. Урасин с товарищем, но улететь сразу так и не удалось. Туман. Просидел в аэропорту в страшной тесноте до 14 часов, уже не надеялся улететь, но все же туман рассеялся. В Москве еле успел пересесть на сыктывкарский самолет. Летят много филиальных – Шубин, Микушев. Дома все нормально. Просмотрел почту. Говорят, что дали диплом 2-й степени на конкурсе работ в честь Дня геолога и грамоту. Отметили чем-нибудь многих из лаборатории.

5 апреля. Суббота

Утром принесли телеграмму – Осташенко защитился единогласно. Гора с плеч, хотя все шло хорошо, и работа

сделана на уровне, но может всякое случиться, поэтому я не совсем был спокоен. Пришла диссертация Кизильштейна – докторская. МГУ просит быть оппонентом. Согласился, диссертация довольно интересная – о сере в углях. Любопытно разобраны агрегаты фрамбоидальные и псевдоморфизмы.

Вечером в честь Дня геолога была встреча нашей лаборатории в ресторане. Было довольно интересно, да и такие мероприятия укрепляют дружбу. Отрадно, что ребята почти не пьют, вина половина осталась.

6 апреля. Воскресенье

Выходные дни как-то в последнее время проходят бесцельно и непрородивательно. Ходил в город, смотрел телевизор, гулял с собакой. Правда, поработал со спектрами поглощения и люминесценции сфалерита, надо написать небольшую статью. Потом думал над схемой книги по минералогии Пай-Хоя – книгу по информации лучше сдавать после семинара, отложить на год, а сейчас предложу топоминералогию на базе отчета. Набросал аннотацию. Разбирал бумаги, пытаясь навести в них немного порядка, но бесполезно.

7 апреля. Понедельник

Занимался в основном последней подчисткой минералогического сборника после технической редактуры. Пора его сдавать. Думал вставить еще пятистраничную статью, но это сделать не удалось.

Провел минералогический семинар. Неплохой доклад по ИК-спектроскопии сделала Е. Б. Бушуева. А потом заполнил массу всяких бесцельных бумаг и так, в общем-то, бесцельно закончил день. Подготовил образцы



Р-аллофанов для анализа форм выделения воды.

Начали эксперимент по регенерации флюорита.

8 апреля. Вторник

Эксперимент по регенерации флюорита пошел нормально. В. Каликов наладил установку термоэдс, начал измерять сульфиды.

Закончил редактуру и подчистку сборника, передал на рецензию, а часть статей – на перепечатку.

9 апреля. Среда

Закончил составление программ исследований по региональной минералогии на следующую пятилетку. На ближайшем ученом совете будет обсуждение. Намечаем изучение минералогии: а) полиметаллических проявлений; б) флюоритовых; в) хрустальноносных; г) Канина и Тимана.

Занимались рассылкой информационных листовок о совещании по генетической информации. Охватили академические институты, производственников, вузы, отделения ВМО, работающих по проблеме.

Вечером было партсобрание, посвященное планам на следующую пятилетку. Особых дебатов не было.

Написал отзыв на диссертацию Р. Амосова. Очень интересная работа по золоту.

10 апреля. Четверг

Написал отзыв на диссертацию [...] – она едет с неудачами, первый раз защиту отложили, хотя диссертация неплохая. Что-то не ладят с В. Мокиевским.

Ездил в радиобиологический комплекс. Смотрели одну из комнат площадью около 30 кв. м, с тем чтобы перенести туда блок высоких давлений. Попробуем отбить это место.

Вторую половину дня провел на заседании президиума. В. А. Дедеев сделал сообщение о перспективах его нефтяного отдела. Пока все не подобрали под нефть, надо укрепиться и подобрать старшего научного сотрудника под эксперимент.

Вечером разговаривал с Д. П. Григорьевым. Будет читать у нас лекции о петрографии и минералогии лунных континентов.

11 апреля. Пятница

Сочинил докладную записку о необходимости укрепления лаборатории. Прошу как минимум 11 человек и 3 комнаты. Послал приглашение В. М.

Винокурову для чтения у нас лекций по физике минералов. Обговорил все дела, связанные с организацией отделения ВМО.

Во второй половине дня состоялось как всегда бурное заседание редколлегии по утверждению к редподготовке работ. Мне удалось «выбить» для лаборатории на удивление много – монография В. Силаева (10 л.), моя монография (20 л.), сборник (8 л.), материалы симпозиума (7 л.), преппринты (3×3 пл.). Подготовить бы все на уровне. П. Юхтанов получил посылку с интересными «волосатиками».

Посмотрел пару глав кунцевского отчета.

Расспрашивал его о защите. Диссертация произвела в Томске очень хорошее впечатление. Конечно, в ней есть много, что можно показать.

Вечером встречал Д. П. Григорьева. Прилетел он с очень небольшим опозданием. Устроили в гостиницу, обговорили планы на завтра.

14 апреля. Понедельник

Провел день с Д. П. Григорьевым. Встретил его в 8⁴⁵, прогулялись, потом представил М. Фишману. Прощались по лабораториям, переговорили с сотрудниками. Наши работы привезли на Д. П. хорошее впечатление. В 14³⁰ была лекция Д. П. о минералах



Д. П. Григорьев и Н. П. Юшкин

D. P. Grigoryev and N. P. Yushkin

12 апреля. Суббота

Весь день занимался генеральной уборкой, хозяйственными делами и т. п.

Придумал, о чем говорить на орг. собрании.

Просмотрел несколько новых журналов.

Сейчас стоит удивительно теплая погода. Уже давно нет снега. Такой теплоты в это время я не видел еще – уникальный год.

13 апреля. Воскресенье

Целый день работали на воскреснике в Межадоре. Закладывали парники. Работать пришлось крепко, но погода была великолепной, так что ничего не испортило дела. Вернулись в 16 часов.

Прилетел Б. Осташенко.

и горных породах лунных континентов. Лекция была блестящей и красивой благодаря слайдам.

Провели организационное заседание отделения ВМО. С напутствием выступил Д. П.

Вечером собрались у нас и до полночи чаевничали.

15 апреля. Вторник

Работали с Д. П. Григорьевым. Он фотографировал структуру метеоритов. Часа два ездили по окрестностям Сыктывкара с М. В. Фишманом. На полях уже сошел снег, реки вскрылись полностью, начинается половодье.

Проводили Д. П. в 18 часов. Приезд его, конечно, оживил нашу минералогическую жизнь.



16 апреля. Среда

Закончил просмотр кадастра, рудопроявлений и месторождений полезных ископаемых на Пай-Хое, Вайгаче и Новой Земле, написал к нему предисловие. Пошли после оформления в Архангельск. Обсудили на лаборатории программу работ по региональной минералогии, потом утвердили на ученом совете. Все прошло нормально. Меня беспокоит хрусталеносная и тиманская тематика. Они обеспечены очень слабо. По хрусталю надо подтягиваться Пете Юхтанову, а Б. Осташенко надо подобрать приличных помощников. Вечером начал работать над препринтом, который надо очень быстро закончить.

17 апреля. Четверг

Для отрядов лаборатории не хватает около 5 человек. Договорился с Фишманом, что кое-что добавит за счет экономии фонда зарплаты. Фишман читает отчет (а по сути дела, и диссертацию) Р. Тимониной.

Начал работать над брошюрой по рудным формациям Вайгача и Новой Земли. Настроился на эту работу, написал введение, первая геологическая глава уже была набросана Н. Тимониным, перешел ко второй главной главе. В. Силаев отпечатал наконец автореферат. Получилось неплохо. Теперь его судьба зависит от отзывов. Вечером начал работать над монографией по информации, но никак не могу втянуться.

18 апреля. Пятница

Первую половину дня довольно энергично работал над брошюрой по Новой Земле, а вторая половина прошла в бегах и различных заботах.

А. Жабин прислал письмо – он организует в Москве довольно активную работу по пропаганде семинара.

19 апреля. Суббота

Все вокруг субботничали. Галка тоже ездила на субботник в Эжву, на ЛПК, а у нас был свободный день. Что-то плохо себя чувствую, поэтому работал мало. Написал с полстраницы в книгу, да почитал немного. Гулял, погода хорошая. Смотрел хоккей. Наши в этом году вышли четырнадцатый раз в чемпионы весьма уверенно.

20 апреля. Воскресенье

Ходили утром в лес, но погода оказалась ужасно холодной, так что вернулись промерзшие.

Потом немного поработал, почитал, ходили вечером к Калининым смотреть результаты проведенного ими ремонта.

21 апреля. Понедельник

Сегодня делал на минералогическом семинаре доклад «Проблемы информации в генетической минералогии», а поскольку раньше не готовился, то первую половину дня возился с подготовкой иллюстраций, наброской плана и т. п.

Народу собралось удивительно много. Предмет очень сложный, и если учесть, что это был почти экспромт длительностью в 1,5 часа, опыт оказался достаточно удовлетворительным.

Накопилось огромное количество бумаг, которые нужно закончить.

Вечером писал письма, немного поработал.

23 апреля. Среда

Утвердили начальников отрядов. Пока все идет нормально с моей ла-

26 апреля. Суббота

Днем слушал пленки с записью некоторых лекций, привезенных А. Савельевым.

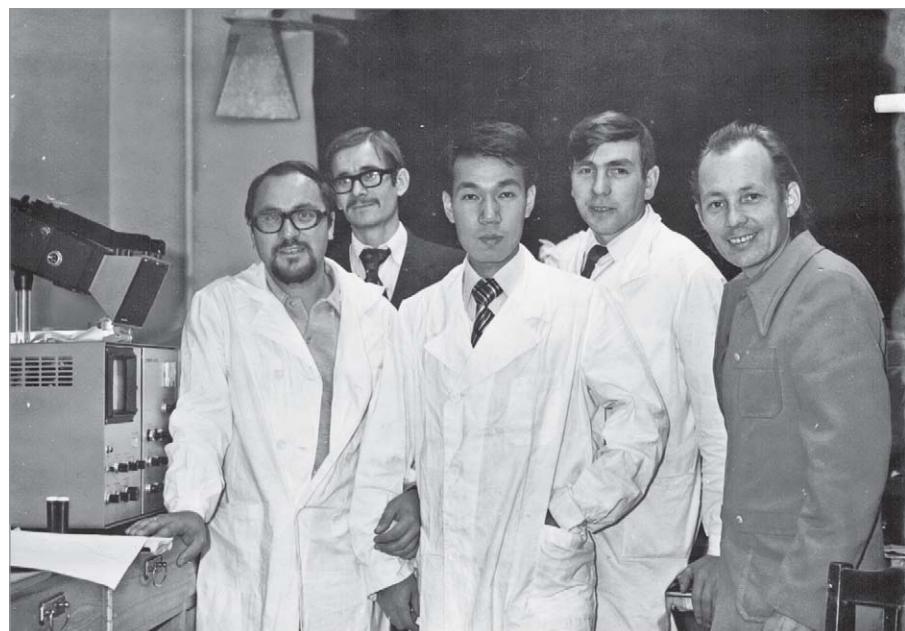
27 апреля. Воскресенье

Опять относительно потеплело, но погода, конечно, далеко не летняя. Работал над 2-й главой монографии, довел почти до конца.

28 апреля. Понедельник

Первую половину дня работал над брошюрой по рудным формациям Вайгач-Новоземельского антиклинария. Отработал несколько формаций. Дело, однако, продвигается медленно, т. к. то и дело приходится отвлекаться.

В конце дня было заседание минералогического семинара. А. С. Савельев доложил о школе по электронной микроскопии, доложил толково, потом Я. Э. Юдович сделал доклад о стронции в карбонатных породах.



А. С. Савельев, В. Ф. Куприянов, Сатоши Катагири, В. Н. Каликов, Н. П. Юшкін

A. S. Savel'yev, V. F. Kupriyanov, Satoshi Katagiri, V. N. Kalikov, N. P. Yushkin

бораторией. Отложили рассмотрение только Г. Боболовича до его приезда.

Присутствовал на заседании Малой академии и даже выступил в конце.

Доклады были очень хорошиими, особенно у гуманитариев.

25 апреля. Пятница

Первую половину дня читал главу кунцевского отчета. Написано не-плохо. После обеда было институтское собрание, посвященное 30-летию со дня Победы.

29 апреля. Вторник

Опять занимался рудными формациями Новой Земли, но была масса всяких отвлекающих дел. Дискутировал с Асхабом, с Савельевым, собирая отзывы на сборник и т. п.

Во второй половине дня был научный совет. Р. Тимонина защитила отчет; у меня утвердили сборник.



Вечером ничего делать не мог. Что-то не по себе, сильно болит голова. Надо как-то упорядочить режим работы.

30 апреля. Среда

Довольно плодотворно работал над брошювой, хотя день был неустойчивый, предпраздничный. Написал больше десяти страниц. Вечером был на торжественном заседании. Что-то вечера у нас в филиале становятся все бледнее и бледнее.

Лида занималась весь вечер стряпней.

1 мая. Четверг

Демонстрация. Были Калинины. Проездом с Полярного Урала заглянул Утехин. Ходили к Фишманам.

2 мая. Пятница

Ходили в лес. Великолепная погода.

3 мая. Суббота

Целый день работал над брошюрой. Продвинулся достаточно далеко.

4 мая. Воскресенье

Работал над брошюрой, в основном над иллюстрациями к ней.

Получил из Болгарии пакет с отиском работ болгарских минералогов для выставки. Пора уже готовить и образцы.

М. В. Фишман распределил фонд зарплаты. Кое-что удалось получить и мне, я даже не ожидал, что все так будет удачно. Попробую даже пригласить Ниоссика.

Вечером опять сидел над брошюрой. Надо быстрее с ней кончать.

5 мая. Понедельник

Заканчивал брошюру, осталось работы меньше, чем на день. Принимал экзамены по английскому языку. Сдали хорошо, в том числе и мой аспирант А. Макеев.

М. В. Фишман распределил комнаты. Я получил 19 кв. м., но у меня зато забрали фотобудку. В общем-то не очень.

Состоялось заседание семинара. Выступал В. Хлыбов. Схлестнулись с К. П. Яноловым.

6 мая. Вторник

Закончил брошюру, передал М. Фишману для дошлифовки. Получил новый микроскоп «Эргован», оставил пока как запас, получил хорошую счетную машинку, потенци-

ометр. Принял на работу технича-химичку, попробую использовать ее на РАФе.

7 мая. Среда

Написал заметку для юбилейной газеты Малой академии.

Получил из Франции посылку с минералами, несущими следы травле-ния.

Начал писать отзыв о диссертации Кизильштейна, поскольку он уже звонил сегодня из Ростова и торопил.

12 мая. Понедельник

Обсуждали с Фишманом экспедицию.

Было заседание Президиума, в общем бестолковое, по оборудова-нию, которое закончилось тем, что заявки так и не тронули.

Сегодня семинар сорвался, биологи раньше нас заняли зал. Перенесли на завтра.

18 мая. Воскресенье

Ребята работали сегодня с микро-скопом. Электронную часть отремонтировали, теперь надо настроить изобра-жение.

Также переслал фотографии, которые он делал, когда был здесь. Выполненные в цветном варианте, они про-изводят очень сильное впечатление.

19 мая. Понедельник

Оказалось, что на электронном микроскопе не достигается резкость. Причина в отсутствии вакуума. Надо заменить колонку, которую придется затребовать из Японии. Палеонтоло-ги сегодня получили такой же микро-скоп. Отец Силаева начал сегодня проводку селектора, но движется дело медленно, нет помощи.

20 мая. Вторник

Оформили разрешение на выст-авку. Ребята с японцем разобрали колонку, нашли дефект, но из Японии новую колонку пришлют через неде-лю. Сейчас будут монтировать пока новый микроскоп.

Принимал участие в 1-й научной конференции молодых ученых СГУ, выступил там с докладом о проблемах научной молодежи. Конференция прошла неважно, интересным было присутствие и выступление В. М. Си-нюкова.

Вечером в лаборатории отмети-ли день моего 39-летия нескольчи-ми бутылками вина в присутствии японца.

21 мая. Среда

Утром с Е. Калининым и В. Тур-киным обсуждали состав и план сове-та молодых ученых ОК КПСС.

Вечером было партсобрание, где разбирался наш институт. Мою лабо-раторию хвалили за воспитательную работу.

22 мая. Четверг

Поставили выставочный стенд, разложили образцы на витринах, устроив подсветку, разложили отиски, книги.

Получилось довольно впечатляюще. За день выставку посмотрели че-ловек 200. Днем пришли болгары во главе с консулом М. Шипковенски. Провел экскурсию, рассказал о мине-ралогии Болгарии. Консул благодарили.

Семинар все не заканчивается, много работы.

Вечером был философский семи-нар.

23 мая. Пятница

Утром проходило заседание рес-публиканского совета молодых ученых и специалистов, где пришлось присутствовать и выступить с сообще-нием о намечаемых комиссиях и на-правлениях в их работе.

Получил приглашение от болгар-ского консульства «пожаловать на коктейль по случаю Дня просвещения и культуры славянской письменнос-ти и печати».

Довольно интенсивно идут заявки на минералогический семинар, а то нач-нал бояться, что окажемся без докладов.

Каликов вылетает в Москву, вер-нется около 27-го. Ребята собираются завтра вывезти японца на катере на речку.

24 мая. Суббота

Ходил на коктейль в болгарское консульство. Было не очень много людей, много выпивки и микроскопи-ческие бутерброды. Консул высказал благодарность за минералогическую выставку.

25 мая. Воскресенье

Вернулся с курорта Б. Голдин. Ездили с ними в лес, несмотря на на-крапывавший дождь, время провели великолепно.

27 мая. Вторник

Писал отзыв на диссертацию Ки-зильштейна, но идет он очень трудно.

В ГОИ никак не проведут ис-пытания моих проб, сейчас созво-



нился с ЛОМО, может быть, сделают быстрее.

Силаев сообщил, что у него 6 отзывов. Позвонил в Архангельск Толкачеву, попросил прислать телеграмму.

30 мая. Пятница

Узнал, что В. Силаев защитился. Как сообщил по телефону его оппонент П. Родзянко, защита была исключительно тяжелой. Шла более 4-х часов, было задано более 30 вопросов. Явную оппозицию создавали старики под руководством Пакулова.

Принял лаборанта, вернувшегося из армии. Приехал студент-практикант из Казани.

31 мая. Суббота

Ходили вечером в театр, смотрели марийский балет. Очень слаб, ни в какое сравнение с нашим не идет.

Прибыл В. Силаев. Парня не узнат. Оппозиция старииков была очень сильной. Хорошо хоть все кончилось нормально. Если даже ВАК не утвердит, сам факт «отбивки» от такого напора успокаивает. Но по-моему, Родзянко переборщил в замечаниях.

1 июня. Воскресенье

Прочел в «Красном Знамени» о смерти Кремса. Завершилась целая глава в истории геологической науки нашего региона.

Разговарил с Я. Юдовичем о защите В. Силаева. Он считает, что Силаев сделал все, что мог. Дело в Совете.

2 июня. Понедельник

Закончил рецензию на докторскую диссертацию Л. Я. Кизильштейна. Написал рецензию на книгу Я. Э. Юдовича «Геологическая диагностика фаций».

Сдал Тимонину серию бумаг полаборатории, но осталось еще очень много. Дал в предварительную печать на машинку рукопись давно написанной брошюроки «Экспедиция на Вайгач».

Семинар сегодня сорвался — М. - Фишман уехал на похороны Кремса.

Силаев «обмывал» защиту. Немного пришел в себя после оказанного ему широкого внимания в лаборатории.

3 июня. Вторник

Написал и отдал печатать записку о направлениях работ на Амдерминском месторождении, которую я обещал подготовить нескольким организациям.



В. И. Силаев

V. I. Silaev

Не хотел ехать в Свердловск на координационное совещание, но, кажется, придется, а отсюда и придется отложить на несколько дней вылет в экспедицию.

Заявки на семинар идут нарастающим потоком, трудно придется сокращением.

Все отряды получают снаряжение, и работы уже мало.

4 июня. Среда

Разделался с целой кучей неприятных бумаг, планов и т.п. Отправил отзыв и диссертацию Л. Кизильштейну, это дело тоже свалилось с плеч. Опять возобновили с Н. Тимониным занятия английским.

Провели завершающее занятие «Минералогического семинара». Вполне удачно выступил М. Фишман с геохронологическим докладом. Занятия в этом году шли без срывов, и работой семинара я вполне доволен.

Подготовил карту района Амдермы для записи.

Вечером поработал над 3-й главой книжки, но дело идет очень слабо. Надо начать отдавать этой работе первую половину дня.

5 июня. Четверг

Подбирал материалы о влиянии гравитации на форму кристаллов для доклада в Амстердаме. Материал очень интересный, но времени, как всегда, мало.

То, что, надеялся, сделают соавторы, осталось не сделанным как хотелось бы. Не очень удовлетворительные и фотографии — фотограф сейчас у нас слабоват.

Подобрал литературу по гравитации, вечером пытался войти в проблему. Заследующую неделю, до 15-го, доклад должен закончить и начать перевод.

6 июня. Пятница

Что-то сегодня целый день ругался, то со своими, то с чужими. Ромашкину завтра улетать, а он не заполнил кадастр, смотрит на это совершенно беззаботно. Силаев вдруг решил лететь со своим отрядом за свой счет, хотя все проведено приказом, Савельев забросил микроскоп, не почистив и т. д. и т. п.

Проводили переаттестацию лаборантов. У Фишмана довольно бурно обсуждали распределение премий. Провели через уч. совет мою записку, которая оказалась неоткорректированной и за которую пришлось краснеть. К концу дня чувствовал себя очень отвратительно.

7 июня. Суббота

Всю неделю стояла великолепная погода, а сегодня дождь весь день. Думал побродить по лесу, но бесполезно.

Писал целый день записи для проф. Тихомирова о своем вкладе в науку — он собирается издать книгу по истории геологии в АН и обратился ко всем прислать материалы, лаконично сформулированные. Дело оказалось трудным, перенес еще и на завтра.

8 июня. Воскресенье

Опять писал записи, еле закончил к вечеру. Может быть, и не стоило так серьезно относиться к этой работе, но было интересно кое-что сформулировать и для себя.

Получил два первых тома «Минералов Узбекистана». Будет четырехтомник. Узбеки делают дело очень хорошо.

Приятно, что больше десятка страниц в этой монографии написаны по моим данным.

9 июня. Понедельник

Возился с очень интересным кристаллом, оставшимся после В. Буканова, на котором прилипшие частицы



на гранях ромбоэдра ориентируются параллельно, а на призме – незакономерно, причем распределяются они весьма неравномерно, как присыпки. Делал разные замеры, подсчеты, смотрел под микроскопом. Завтра еще придется этим заниматься.

10 июня. Вторник

Занимался кристаллами кварца; просмотрел шлифы, сделал несколько диаграмм, хорошо иллюстрирующих особенности ориентировки.

Вносили очередной раз корректировки в проект корпуса института. Во всяком случае, то, что нам отводится в будущем, почти совсем не превышает того, что мы сейчас имеем.

Дело с книгой не движется, устаю по вечерам.

11 июня. Среда

Прилетел из Ленинграда А. Кунц, привез из ГИПРОНИИ довольно хороший проект нашей автоклавной в радиобиологическом городке. Площадь около 120 м. Если там все выйдет как намечено, мы вздохнем свободно.

Работал с кварцем, опять с вопросами искажения формы кристаллов.

Долго заседали на партбюро, склонный вопрос с Митрофановым.

Вечером были у Б. Осташенко на дне рождения.

12 июня. Четверг

Полдня возился с кварцем. Морфологию в основном закончил, сейчас больше занимаюсь веществом.

Вечером было заседание президиума, затянулось, как обычно. Разбирали наш Институт, и хотя бросили несколько полушипков, в т. ч. и в нашу сторону, но особенно не щипали.

Добавили 3 печ. листа к тезисам семинара. Теперь уже 10 листов стало, можно вздохнуть. А то поступило заявок под 200, и сократить их вчетвероказалось совершенно невозможным. Получил оттиски статьи о сульваните.

*Материал подготовила
Г. Лысюк*

В ЗЕРКАЛЕ ПРЕССЫ

В статье отражены основные события, произошедшие в мае–июле и связанные с деятельностью института и его сотрудников.

MEDIA MIRROR

The article presents main events in May–July connected with the activity of the Institute and staff.

Обсуждение вопросов реформ в области науки проведено в новом режиме телеконференции. В нем принимали участие академик А. М. Асхабов из Президиума Коми НЦ и академик В. П. Матвеенко из Перми (Национального Урала). Июнь 2015 г. № 13).

8 мая, накануне юбилейного Дня Победы, в Сыктывкаре, на ул. Коммунистической, 26 состоялось торжественное открытие мемориальной доски, посвященной участнику Великой Отечественной войны, первому директору ИЯЛИ Коми НЦ УрО РАН Николаю Никитичу Рочеву. Воспоминаниями о ветеране поделились академики А. М. Асхабов, М. П. Роццевский и бывший директор ИЯЛИ, к. г.-м. н. А. Д. Напалков. А. М. Асхабов, в частности, отметил тесные рабочие контакты геологов ИГ и археологов ИЯЛИ, чему немало способствовал Н. Н. Рочев (Наука Урала. Июнь 2015, № 12).

20 мая состоялось торжественное открытие мемориальной доски академику Николаю Павловичу Юшкуну (1936–2012). Это произошло в день рождения ученого. В институте геологии Николай Павлович работал с 1961 г., где прошел путь от старшего лаборанта до директора института, который возглавлял с 1985 по 2008 гг. Он

стал также основоположником и заведующим базовой кафедрой геологии СГУ. Николай Павлович гордился своими учениками, среди которых – кандидаты и доктора наук, директора геологических институтов.

Научные достижения минералогической школы академика Н. П.

Юшкунова широко известны не только в нашей стране, но и в мире (Наука Урала. Июнь 2015 г. № 13).

В статье В. П. Шатрова (Институт геологии и геохимии УрО РАН) проанализирована публикационная активность уральских ученых-геологов. Наукометрические показатели д. г.-м. н. Я. Э. Юдовича выявили, что он самый цитируемый уральский геолог. Его индекс более 5000 (данные О. К. Иванова. Уральский геологический журнал. 2014. № 5). Он всегда пишет исключительно сам или в соавторстве с М. П. Кетрис. Ссылки на геохимические данные Якова Эльевича уже много лет востребованы многими учеными России. По оценке д. г.-м. н. В. Н. Пучкова, Юдович является примером «очень плодовитого ученого». Индекс цитируемости самого В. Н. Пучкова составляет 2910, хотя он является широко известным своими трудами не только в России, но и в мире (Уральский геологический журнал. 2014. № 6 (102). С. 64–65).

И о грустном. 5 июля на 83-м году жизни скончался наш коллега д. г.-м. н. Олег Сергеевич Кочетков. Выражаем сердечные соболезнования родным и близким покойного (Республика. 9 июля 2015. № 70 (5301)).

Д. г.-м. н. Е. Калинин



Юшкунова широко известны не только в нашей стране, но и в мире (Наука Урала. Июнь 2015 г. № 13).

Сотрудниками ИГ Коми НЦ УрО РАН Я. Э. Юдовичем, М. П. Кетрис подготовлена к печати книга «Российские геологи рассказывают о себе». Эта книга, по мнению авторов, «не имеет аналога в мировой литературе». Это рассказ ученых, ведущий читателя «по своеобразному музею российской геологии от периода древнихrudознатцев, через российский и советский этап до современного этапа олигархического капитализма». (Уральский геологический журнал. 2014. № 6 (102). С. 64–65).

И о грустном. 5 июля на 83-м году жизни скончался наш коллега д. г.-м. н. Олег Сергеевич Кочетков. Выражаем сердечные соболезнования родным и близким покойного (Республика. 9 июля 2015. № 70 (5301)).

Д. г.-м. н. Е. Калинин



КРЫМ-2015

Летом 2015 года полевые работы вузовско-академического геологического отряда № 5 проходили на Крымском полуострове. Они включали геологические маршруты, камеральную обработку собранного материала и написание итогового отчета. Проведено изучение геологического строения Юго-Западного Крыма (стратиграфия, тектоника и магматизм) и современных геологических процессов на его территории (выветривание, карстообразование, работа ветра, рек и моря, гравитационные процессы – оползни, обвалы, осыпи и др.). Такому комплексному изучению геологии Крыма благоприятствует доступность и хорошая обнаженность разрезов горных пород всей стратиграфической последовательности. Студенты приобрели первичные навыки полевых исследований: описания геологических разрезов, ведения полевого дневника, сбора и документации образцов, работы с горным компасом и т. д. Во время полевого сезона студенты параллельно познакомились и с культурным наследием, и с историей героической защиты Крыма в период Великой Отечественной войны.

CRIMEA-2015

In summer 2015 field works of the academic geological party No. 5 took place in the Crimean peninsula. They include both geological routes, and cameral processing of the collected material, and writing of the final report. They studied the geological structure of the South-Western Crimea (stratigraphy, tectonics and magmatism) and modern geological processes on its territory (weathering, karst formation, work of wind, rivers and sea, gravitational processes – landslides, avalanches, rockslides, etc.). Such a comprehensive study of the geology of the Crimea is favored by the accessibility and good exposure of rock sections of complete stratigraphic sequence. The students acquired basic skills of field research: description of geological sections, keeping a field diary, collection and documentation of samples, work with mountain compass, etc. During the field season the students also learned about the cultural heritage and history of the heroic defense of the Crimea during the Great Patriotic War.

В работе комплексного вузовско-академического геологического отряда кроме сотрудников Института геологии участвовали студенты I курса кафедры геологии Сыктывкарского государственного университета, проходившие свою первую геологическую практику на учебно-научной базе им. проф. А. А. Богданова геологического факультета МГУ. Отметим, что в этом году такая практика проводилась 18-й раз.

Геологический отряд № 5 под руководством Т. П. Майоровой состоял из 16 студентов (14 юношей и 2 девушки) и научных сотрудников – Н. Н. Носковой (к. г.-м. н., Институт геологии Коми НЦ УрО РАН) и Г. М. Седаевой (к. г.-м. н., син. кафедры литологии и морской геологии геологического факультета МГУ), которые обеспечивали проведение маршрутов и камеральных работ.

Полевая работа и геологическая практика проходили в два этапа. На первом этапе были проведены маршруты по Южному берегу Крыма и изучено строение Главной гряды Крымских гор. В это время мы проживали на турбазе «Биюк-Янкой» в селе Мраморное у северного подножия плато Чатырдаг. Свое имя турбаза взяла от старинного названия села Мраморное – Биюк-Янкой, что переводится как «большая душевная деревня». Турбаза оправдывает свое название, хозяева Татьяна и Михаил, а также их сын Иван очень душевые люди! Выражаем искреннюю признательность за теплый прием, домашнюю атмосферу



Начало практики (плато Чатырдаг)

Beginning of the practice (Chatyrdag Plateau)

и питание. Студенты еще долго вспоминали сытные завтраки и обеды на «Биюк-Янкой».

Второй этап традиционно проходил на научно-учебной базе геологического факультета МГУ им. проф. А. А. Богданова в с. Прохладное Бахчисарайского района. С этой базы маршруты проводились по Юго-Западному Крыму, в них изучалось геологическое строение Второй и Третьей гряд Крымских гор и ряд геологических процессов.

Студенты познакомились и подробно описали весь стратиграфический разрез Горного Крыма, начиная с самых древних триасовых отложений и до четвертичных, условия залегания гор-

ных пород, а также геоморфологию района. Магматические образования наблюдали в маршрутах на г. Кастель, карьерах «Петропавловский» и «Школьный», обнажениях у с. Трудолюбовка, складчатые и разрывные нарушения – в бухте Лазурная, с. Лучистое. Кроме, того при посещении карьеров познакомились с технологией добычи строительного камня и процессом его первичной переработки. Крым является прекрасным полигоном для изучения современных геологических процессов: выветривания и работы ветра, создавших причудливые каменные скульптуры на г. Южная Демерджи; карстовых процессов, широко проявившихся на плато Чатырдаг как в



виде поверхностного (воронки, колодцы, гроты), так и глубинного карста (пещеры Мраморная и Суук-Су-Коба (Холодная) и другие); гравитационных процессов (осыпи, оползни и обвалы), проявления которых можно наблюдать на побережье у с. Учкуевка, на горах Кастель и Южная Демерджи. Студенты увидели геологическую деятельность рек Бельбек, Аузун-Узень в Большом Каньоне Крыма и долины р. Чурюк-Су и, конечно, геологическую работу моря в бухтах Лазурная и Карапинная, на пляже с. Учкуевка. Все это вполне доступно для наблюдения.

Во время практики студенты получили первые практические навыки полевой геологии и камеральных работ: научились вести записи и зарисовки в полевом дневнике, пользоваться геологическим молотком и горным компасом, отбирать геологические образцы, маркировать их и описывать, измерять элементы залегания горных пород, формировать коллекцию горных пород, палеонтологических остатков и минералов. Состоялась и традиционная мини-конференция. Темы докладов были предложены по материалам уже пройденных маршрутов. Подготовка к выступлениям велась исключительно по записям в своих полевых дневниках и только в качестве небольшого дополнения — из литературы, т. е. путеводителей по Крымской практике. Таким образом материал лучше усваивается, систематизируется, что облегчает написание геологического отчета по практике.

Итогом практики стал зачет, который включал в себя сдачу коллекции образцов, отчета и полевых дневников, а главное — определение пяти образцов: студент должен был определить породу и ее возраст, назвать место отбора образца.

Каждый год удивляют находки студентов в уже хорошо изученных объектах. Так, в этом году неподдельный интерес не только у преподавателей, но и у студентов вызвало посещение Новопетропавловского карьера. В ходе разработки была частично отработана южная стенка карьера, где вскрылась толща базальтов с прослойями лапиллиевых туфов. Базальты насыщены многочисленными гидротермальными прожилками, из которых отобраны замечательные образцы с кристаллами ломонитта(?)–леонгардита(?) розового цвета и кирпично-красного гейландинта. Также были обнаружены и отобраны великолепной сохранности лапилли. В промоине на склоне г. Чабанка



Бельбекские ворота (долина р. Бельбек)
Belbeksky gate at a distance (Valley of Belbek River)



Херсонес Таврический
Tauric Chersonese



На обнажении кампанских известняков (р. Бодрак)
On the Campanian limestone outcrop (Bodrak River)



(Красная горка) были отобраны многочисленные конкреции барита, друзья и кристаллы гипса, в том числе сросшиеся в виде двойников кристаллы (так называемый ласточкин хвост), которыми пополнится минералогическая коллекция университета.

В. В. Юдин, доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик Крымской АН, прочитал для студентов лекцию по геологии и геодинамике Крыма. От основ геологии Виктор Владимирович перешел к «серезным» вещам — микститам, надвигам, хаотическим комплексам Горного Крыма, структурам поп-ап, сутурам и многому другому, пока далекому от понимания студентов 1 курса, показывая профессиональный уровень, к которому они должны стремиться.

Кроме того, студенты приобщились к истории и культуре Крыма. Мы посетили Крымскую астрофизическую обсерваторию в п. Научный, которая находится на южном склоне г. Сель-Бухра на высоте 600 м над уровнем моря. В ходе экскурсии познакомились с телескопами разных типов, потом через маленький телескоп смотрели на Сатурн и Луну, а также любовались роскошным закатом с видом на Главную гряду Крымских гор.

В рамках молодежного проекта Сыктывкарского университета «По местам боевой славы Крымского полуострова» побывали в городе-герое Севастополе, посетили диораму «Штурм Сапун-горы 7 мая 1944 г.», Михайловскую батарею и другие памятники Великой Отечественной войны.

Программа практики позволила сформировать первое настоящее представление будущих геологов о том, что ждет их в будущей профессии. Подводя итог первой геологической практики, хочется процитировать Виктора Владимировича Юдина, который закончил лекцию такими словами: «Будущие коллеги! Я очень хотел бы, чтобы после каждого маршрута или написанного геологического отчета вы ежедневно честно смотрели бы по утрам в зеркало и были уверены, что вчера не схалтурили, не наивали, не предали себя и свою любимую работу. Тогда вы станете настоящими Геологами и получите главное удовольствие на многие годы».

Студентам эта практика запоминается надолго и оставляет самые положительные впечатления, о чем свидетельствуют их отзывы.

«К концу практики я узнал много нового и интересного. Теперь я смотрю



Традиционное фото – крепость Каламита (Инкерман) Traditional photo – Calamita Fortress (Inkerman)



Памятник гвардейцам – героям Севастополя Monument to heroic guards of Sevastopol

на горы, валуны и оползни другими глазами, и там, у себя дома, я не могу пройти и не обратить на это внимание. Хоть было и трудно, но мне очень понравилось. Проходя геологическую практику, мы параллельно посещали места боевой славы. К этому нельзя было оставаться равнодушными, очень много впечатлений, много памятников и боевой техники (В. Ф. Карманов).

«Во время проведения Крымской практики я еще больше узнал о профессии геолога. Посетил много красивых мест. Научился работать в команде со своими товарищами. Осознал работу в коллективе – как она порой невыносима, но интересна! На этой практике я получил бесценный опыт работы геолога. Крым глазами геолога выглядит совсем иначе: обилие пород, горные массивы, пещеры. Во время практики мы посетили места боевой славы Крыма, я больше стал понимать историю войн, как люди отстаивали свои земли ценой жизни» (И. А. Губарев).

«Крымская практика – отличный опыт, здесь созданы все условия для успешного обучения, как геологические, так и бытовые. Мы получили основные навыки полевой работы и возможность увидеть своими глазами те процессы или их результаты, о которых нам говорили на протяжении всего первого курса. Так же живописные виды Крыма, море, люди, которые здесь живут, и его история не могут оставить равнодушными.

Также в рамках молодежного проекта «По местам боевой славы Крымского полуострова», мы побывали в городе-герое Севастополе, посетили диораму «Штурм Сапун-горы 7 мая 1944 г.», Михайловскую батарею и многие другие памятники Великой Отечественной войны по всему полуострову Крым. Этот проект – отличная идея и прекрасное дополнение к учебной практике, я узнал больше об истории полуострова и о героической обороне г. Севастополя во время ВОВ» (С. Н. Хомутинников).

Н. Носкова, Т. Майорова



ПОЗДРАВЛЯЕМ С 50-летним юбилеем Юрия Валентиновича ГЛУХОВА



Дорогой Юрий Валентинович!

Сердечно поздравляем Вас с юбилеем. После окончания Московского университета Вы пришли в Институт геологии молодым специалистом с большим багажом знаний, желанием заниматься научной работой и в хорошей спортивной форме. С тех пор Вы стали высококвалифицированным научным сотрудником, внесли большой вклад в развитие минералогии, учения

о месторождениях полезных ископаемых, физики минералов и региональной минералогии. Прошли и аспирантуру, и докторантуру.

Сначала Вы занимались флюоритовыми месторождениями Пай-Хоя, провели рентгенолюминесцентные исследования, установили важнейшие особенности состава флюорита и его качества как сырья для получения оптических монокристаллов. Результаты этих исследований были и остаются чрезвычайно важными, признанными как геологами, так и физиками. Весьма плодотворным оказалось изучение алмазов Тимана и других регионов, жильного кварца различных российских месторождений. В настоящее время Вами проводится изучение золотоносности Тимана. Получены важные результаты, имеющие не только научное, но и практическое значение. Вы участвовали в экспедиционных работах в различных районах севера Урала и

Тимана, легко перенося трудности полевых условий. Впереди еще много непознанного, еще многое нужно сделать и, конечно, будут новые результаты, выступления, дискуссии. Вы склонны к скрупулезным, детальным исследованиям, всестороннему обсуждению полученных результатов, обоснованным выводам. Все не случайно, и пусть Ваш путь по выбранной когда-то дороге будет продуктивным и интересным.

Все знают Вас как человека доброго, отзывчивого, коммуникабельного, способного дать совет и помочь ближнему. Вы очень ответственно относитесь к занятиям со студентами и словом и делом поддерживаете молодых сотрудников. За это Вам большое спасибо!

Дорогой Юрий Валентинович! Желаем Вам, вашим родным и близким крепкого здоровья, бодрости, оптимизма, уверенности, успехов во всем!



Поздравляем
Николая Петровича КАЛМЫКОВА
с 50-летием работы в Институте геологии!
Желаем крепкого здоровья
и дальнейших трудовых успехов!



Ответственные за выпуск:
Б. А. Макеев,
Г. Н. Лысюк

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

Компьютерная верстка
Т. В. Хазовой

Свид. о рег. средства массовой информации
ПИ № ФС77-56817 от 29.01.2014
Подписано в печать 28.10.2015

Тираж 250  Заказ 978
Редакция:
167982, Сыктывкар, Первомайская, 54

Тел.: (8212) 24-51-60
Факс: (8212) 44-82-68
E-mail: vestnik@geo.komisc.ru