Декабрь 2019 г., № 12 (300)



Вестник

Института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН

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

Содержание

К читателям 3

Научные статьи

К характеристике геохимических особенностей гранитоидов Шилово-Коневской группы массивов (Средний Урал), продуктивных на вольфрамовое оруденение грейзенового типа
Г. А. Каллистов, Т. А. Осипова 4

Фумарольные карбонатные минерализации на примере БТТИ (Камчатка)
А. Ф. Хазов, Л. П. Вергасова, Ю. С. Симакова, И. В. Смолева, К. В. Тарасов, В. И. Силаев 12

Параллелизмы и гомологическая изменчивость среди табулят
В. Ю. Лукин 20

История фауны грызунов Северного Урала в позднем неоплейстоцене (данные палеонтологического исследования отложений навеса Студеного)
И. В. Кряжева, Д. В. Пономарев 25

Хроника, события, факты

Семидалье, семиречье и семицветье Монголии... 34

Черновские чтения – 2019 37

Всероссийское литологическое совещание «Геология рифов» 39



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

Редакционный совет — 2019:

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



December, No 12 (300), 2019

Vestnik

Institute of Geology of Komi Science Center of Ural Branch RAS

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

Content

To the readers 3

Scientific articles

Geochemistry of W-bearing granitic rocks from Shilovo-Konevsky group of massifs (Middle Urals)
G. A. Kallistov, T. A. Osipova 4

Fumarol carbonate mineralizations by the example of GFTE (Kamchatka)
A. F. Khazov, L. P. Vergasova, Yu. S. Simakova, I. V. Smoleva, K. V. Tarasov, V. I. Silaev 12

Parallelisms and homological variability among Tabulata
V. Yu. Lukin 20

History of rodent fauna in the Northern Urals during the Late Pleistocene (data of paleontological research in Studyony locality)
I. V. Kryazheva, D. V. Ponomarev 25

Chronicle, events, facts

The Semidalye, Semirechye and semitsvetie of Mongolia... 34

Chernov Readings – 2019 37

All-Russian Lithological Conference «Reef Geology» 39



Happy New Year and a joyful festive season!
Dear friends and colleagues!
With all my heart I congratulate you on coming New 2020 Year! Let the New Year bring new scientific discoveries and open new horizons of knowledge! I wish you health, happiness and prosperity, peaceful sky and confidence in the future! Good luck in all startups!

Chief Editor of journal «Vestnik IG Komi SC UB RAS» *Academician A. M. Askhabov*

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

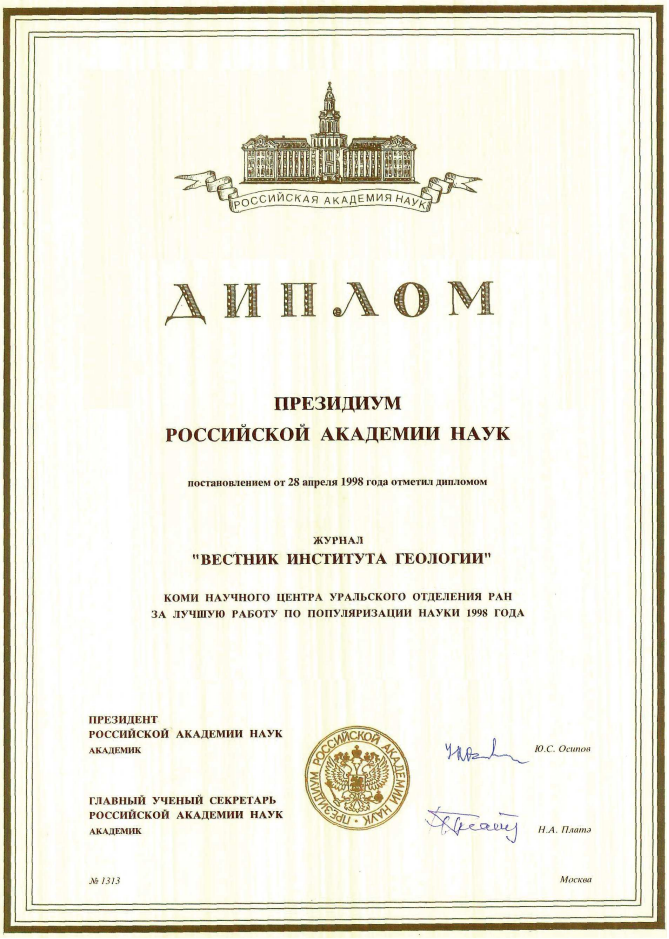
2019 Editorial Board:

Anna I. Antoshkina, Syktyvkar, Russia
Maarten A.T.M. Broekmans, Trondheim, Norway
Igor N. Burtsev, Syktyvkar, Russia
Dmitry A. Bushnev, Syktyvkar, Russia
Yury L. Voytekhovsky, Saint Petersburg, Russia
Alexey D. Gvishiani, Moscow, Russia
Irina V. Kozyreva, Syktyvkar, Russia
Marko Komac, Ljubljana, Slovenia
Rustam I. Koneev, Tashkent, Uzbekistan
Viktor A. Koroteev, Ekaterinburg, Russia
Sergey V. Krivovichev, Saint Petersburg, Russia
Sergey K. Kuznetsov, Syktyvkar, Russia
Maximiliano de Souza Martins, Ouro Preto, Brazil
Tatyana P. Mayorova, Syktyvkar, Russia
Joan Carles Melgarejo, Barcelona, Spain
Fancong Meng, Beijing, China
Peep Mannik, Tallinn, Estonia
Alexander M. Pystin, Syktyvkar, Russia
Constance M. Soja, Hamilton, NY, USA
Oksana V. Udoratina, Syktyvkar, Russia
Mikhail A. Fedonkin, Moscow, Russia

К ЧИТАТЕЛЯМ • TO THE READERS

The journal «*Vestnik* of the Institute of Geology of Komi SC UB RAS» turned 25. During this time 300 issues came off the press. It started as an information publication, which mainly informed about the life of the institute, our events, affairs and problems. Today *Vestnik* has turned into a full-fledged scientific journal. He entered various citation systems, including international databases. The impact factor of the journal over the past few years has more than tripled. We have long outgrown the local corporate nature of the title and decided on the further release of the journal under a new title — «Vestnik of Geosciences».

Четверть века назад, 31 января 1995 года, вышел первый номер «*Вестника* Института геологии Коми НЦ УрО РАН». Многие уже и не помнят, что «*Вестник*» начинался как информационное издание, как вариант газеты, возрождающей институтскую печать. Предполагалось, что в новом издании речь главным образом будет идти об институтской жизни, о наших событиях, делах и проблемах. При этом большой уверенности в успехе задуманного дела не было даже у инициаторов. Тем не менее, к удивлению многих,



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

ДИПЛОМ

ПРЕЗИДИУМ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

постановлением от 28 апреля 1998 года отметил дипломом

ЖУРНАЛ
"ВЕСТНИК ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ"

КОМИ НАУЧНОГО ЦЕНТРА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН
ЗА ЛУЧШУЮ РАБОТУ ПО ПОПУЛЯРИЗАЦИИ НАУКИ 1998 ГОДА

ПРЕЗИДЕНТ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
АКАДЕМИК Ю.С. Осипов

ГЛАВНЫЙ УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
АКАДЕМИК Н.А. Платэ

№ 1313 Москва

«*Вестник*» стал полноценным и ежемесячным изданием, весьма популярным не только у сотрудников института. Очень быстро он получил широкую известность и признание в научных кругах. Уже через три года, 28 апреля 1998 года, «*Вестник*», был награжден специальным дипломом Российской академии наук как лучший научно-популярный журнал 1997 года. Было много признательных отзывов о нашем журнале, в том числе слова академика Б. С. Соколова, которые уже приводил Н. П. Юшкин: «Ваш «*Вестник*» уникален, я не знаю второго такого информационно-научного институтского журнала в России. Ваш журнал и научен, и популярен, и художественен, и как-то по-домашнему интимен, словом, это интеллигентное издание».

«*Вестник*» прошел славный четвертьвековой путь. У вас в руках уже трехсотый, юбилейный, номер. За эти годы многое изменилось в нашей жизни, менялся и журнал. Он уже давно вышел за рамки научно-информационного издания, превратился в полноценный научный журнал. Многое мы и потеряли в процессе эволюции. Практически не появляются уже на его страницах наши «фирменные» заметки, исчезло жанровое многообразие, ушла «жизнь» института. На первый план вышли наукометрические показатели: индексы цитирования, Хирша, квартили и прочие премудрости. Мы по необходимости старались соответствовать духу времени. «*Вестник*» стал ВАКовским журналом, вошел в разные системы цитирования, в том числе и международные. Неуклонно рос импакт-фактор журнала, за последние несколько лет он увеличился более чем в три раза. Больше стали публиковаться статьи авторов из других организаций, включая зарубежные, и на английском языке.

К сожалению, дальнейший прогресс в этом востребованном временем направлении стал невозможен из-за локального корпоративного названия журнала. В частности, это стало барьером на пути вхождения в базы данных WoS и Scopus По этой причине принято решение о переименовании журнала в «Вестник геонаук».

Таким образом, один этап в жизни «*Вестника*» заканчивается, начинается другой. Будем надеяться, не менее успешный. Редколлегия и далее будет делать все, чтобы «*Вестник*» продолжал оставаться неотъемлемой частью нашего института, флагманом и пропагандистом академической геологической науки на Севере, будет продолжать свою заинтересованную работу с авторами и рецензентами.

В свое время Н. П. Юшкин назвал выпуск 50 номеров «*Вестника*» трудовым подвигом нашего институтского коллектива. Что говорить теперь о бескорыстном труде тех, благодаря кому выходит 300-й номер! Это выдающееся событие! Мои искренние поздравления и слова благодарности тем, кто делал журнал все эти годы!

Главный редактор
академик А. Асхабов

УДК 553.521+553.064.34(470) DOI: 10.19110/2221-1381-2019-12-4-11

К ХАРАКТЕРИСТИКЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГРАНИТОИДОВ ШИЛОВО-КОНЕВСКОЙ ГРУППЫ МАССИВОВ (СРЕДНИЙ УРАЛ), ПРОДУКТИВНЫХ НА ВОЛЬФРАМОВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ ГРЕЙЗЕНОВОГО ТИПА

Г. А. Каллистов, Т. А. Осипова

Институт геологии и геохимии им. академика А. Н. Заварицкого УрО РАН, Екатеринбург
kallistov@yandex.ru

Приведены новые данные о редкоэлементном составе (ИСП-МС) гранитных пород Шилово-Коневской группы массивов в восточной части Восточно-Уральской зоны Среднего Урала, с которыми ассоциирует промышленно значимое грейзеновое вольфрамовое оруденение, вновь вводимое в разработку. Установлено, что рудоносные лейкограниты Шилово-Коневской группы при общей близости к вольфрамоносным гранитоидам «эталонных» редкометалльных провинций мира отличаются от них главным образом большей «натровостью». Это обусловлено большей глубинностью формирования пород и меньшей степенью дифференциации гранитных расплавов, что, в свою очередь, может объясняться меньшей фтористостью последних и меньшей степенью зрелости уральской континентальной коры.

Ключевые слова: *лейкограниты, грейзеновое вольфрам-кварцево-жильное оруденение, магматическая дифференциация, Средний Урал.*

GEOCHEMISTRY OF W-BEARING GRANITIC ROCKS FROM SHILOVO-KONEVSKY GROUP OF MASSIFS (MIDDLE URALS)

G. A. Kallistov, T. A. Osipova

Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of RAS, Ekaterinburg

The new data about trace elements (ICP-MS) in W-bearing granitic rocks in Shilovo-Konevsky group of massifs in the eastern part of the East-Uralian zone in Middle Urals are presented. The results demonstrate that the Uralian W-bearing leucogranites from Shilovo-Konevsky group of massifs are very close to W-bearing leucogranites from «model» rare-metal provinces of the world in major elements. The main differences are: larger Na_2O content relative to K_2O in Uralian leucogranites, which is explained by greater depth of formation, and less degree of granitic melt fractional crystallization, which is explained both by lower fluorine content and by less evolved of continental crust in the Urals.

Keywords: *leucogranites, greisen tungsten-quartz-vein deposits, magmatic differentiation, Middle Urals.*

Введение

Несмотря на то, что по «количеству и качеству балансовые запасы вольфрама в Российской Федерации при любых сценариях развития экономики удовлетворят необходимые потребности до 2035 года и в последующий период», как определено «Стратегией развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года», в 2014–2016 гг. Россия наращивала объемы импорта вольфрамового концентрата. Импорт концентрата при наличии собственной добычи (на долю России приходится около 4–5 % мирового объема) вызван, согласно анализу исследовательской группы «Инфомайн», в том числе сложной логистикой его доставки с Дальнего Востока и из Забайкалья, где расположены вольфрамовые ГОКи, в Центральный и Уральский регионы, где осуществляется гидрометаллургическая переработка сырья. Соответственно, в настоящее время становятся стратегически важными наращивание запасов и разработка некрупных уральских месторождений вольфрама и сопутствующих редких металлов.

Известно, что Урал не является «классической» редкометалльной провинцией. Это складчатый пояс мафического типа, где грейзеновое редкометалльное оруденение присутствует в ограниченном объеме и связано с позднепалеозойским гранитоидным магматизмом [7, 12]. Промышленно значимые объекты здесь представлены гюбнерит-молибденитовыми месторождениями и относятся к вольфрам-кварцево-жильной грейзеновой формации. Они локализованы в восточной части Восточно-Уральской зоны Среднего Урала (рис. 1), где ассоциируют с небольшими телами лейкогранитов юго-коневского комплекса в составе Шилово-Коневской группы гранитоидных массивов и образуют Боевско-Биктимировскую рудную зону [8, 6]. С расположенной в северном замыкании названной группы горой Галочьей в составе Шиловского массива связаны молибденит-шеелитовые рудопроявления.

Исследованиям рудоносности гранитоидов Шилово-Коневской группы посвящены многочисленные публикации [1–3, 10, 11, 13 и др.], уделялось внимание и их сравнению с высокопродуктивными на вольфрам лейкогранитами «классических» редкометалльных грейзеновых провинций бывшего СССР [3, 4]. В цитированных работах выборка по уральским объектам представлена широким рядом гранитоидов Среднего и Южного Урала, сопровождаемых не только оруденением промышленного масштаба, но и различными рудопроявлениями и точками минерализации. При этом основное внимание уделялось минеральному и петрохимическому составу гранитоидов, а также концентрациям фтора и рудных компонентов — редких металлов. В настоящем сообщении эти результаты дополнены новыми петролого-геохимическими данными для гранитных пород Шилово-Коневской группы, с которыми ассоциировано промышленное грейзеновое оруденение, сегодня вновь вовлекаемое в разработку, и сравнение их с W-рудоносными гранитоидами некоторых «классических», «эталонных» редкометалльных провинций мира.

Методы исследования

Аналитические работы проводились в ЦКП «Геоаналитик» ИГГ УрО РАН. Определение петрогенных элементов выполнено рентгенофлуоресцентным методом на спектрометрах СРМ-18 и XRF 1800, ппп — стандарт-

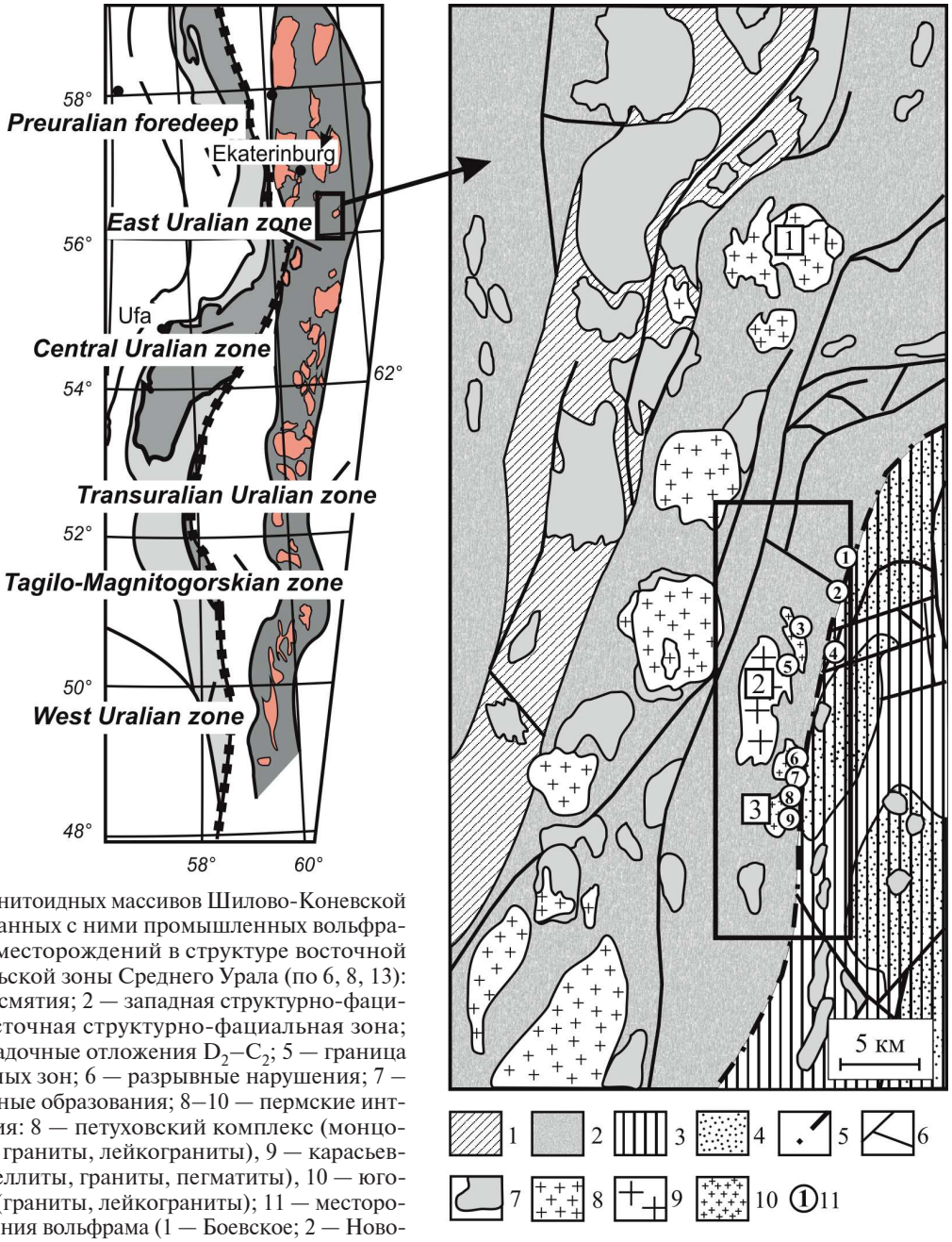


Рис. 1. Положение гранитоидных массивов Шилово-Коневской группы и ассоциированных с ними промышленных вольфрамовых грейзеновых месторождений в структуре восточной части Восточно-Уральской зоны Среднего Урала (по 6, 8, 13): 1 — Аверинская зона смятия; 2 — западная структурно-фациальная зона; 3 — восточная структурно-фациальная зона; 4 — вулканогенно-осадочные отложения D_2–C_2; 5 — граница структурно-фациальных зон; 6 — разрывные нарушения; 7 — допермские интрузивные образования; 8–10 — пермские интрузивные образования: 8 — петуховский комплекс (монцониты, граносиениты, граниты, лейкограниты), 9 — карасьевский комплекс (адамеллиты, граниты, пегматиты), 10 — юго-коневский комплекс (граниты, лейкограниты); 11 — месторождения и рудопроявления вольфрама (1 — Боевское; 2 — Ново-Боевское; 3 — Пьянковское; 4 — Южное; 5 — Карасьевское; 6 — Игишанское; 7 — Трошковское; 8 — Мал. Трошковское; 9 — Юго-Коневское). Цифрами в квадратах обозначены массивы Шилово-Коневской группы, с породами которых ассоциирована вольфрамовая минерализация: 1 — Шиловский (гора Галочья); 2 — Карасьевский; 3 — Юго-Коневский

Fig. 1. The locality of the granitic massifs of Shilovo-Konevsky group and associated W-greisen deposites in the eastern part of the East-Uralian zone of Middle Urals (according to 6, 8, 13).
1 — Averinskaya contortion zone; 2 — Western structural-facies zone; 3 — estern structural-facies zone; 4 — vlocanic-sedimentary rocks D_2–C_2; 5 — the structural-facies zones boundary; 6 — faults; 7 — Pre-Permian intrusive rocks; 8–10 — Permian intrusive rocks: 8 — Petukchovsky unit (monzonites, granites, leucogranites), 9 — Karasjevsky unit (adamellites, granites, pegmatites), 10 — Yugo-Konevsky unit (granites, leucogranites); 11 — W-deposites and mineral occurrences (1 — Boevskoe; 2 — New- Boevskoe; 3 — Pjyankovskoe; 4 — Southern; 5 — Karasjevskoe; 6 — Igishanskoe; 7 — Troshkovskoe; 8 — Small Troshkovskoe; 9 — Yugo-Konevskoe). Numbers in squares indicate the massifs of Shilovo-Konevsky group: 1 — Shilovsky (Galochja Hill); 2 — Karasjevsky; 3 — Yugo-Konevsky

ным химическим методом (аналитики Н. П. Горбунова, Г. С. Неупокоева, Л. А. Татаринова). Анализ микроэлементного состава проведен на ИСП-МС NexION 300S (PerkinElmer) (аналитик Д. В. Киселева).

Результаты и обсуждение

В Шиловском массиве, относящемся к монцодиорит-гранитному типу, лейкограниты слагают небольшое тело горы Галочьей. С ними связаны проявления ниобийсодержащих мусковит-кварцевых грейзенов и вольфрам-молибден-висмутовой минерализации с золотом. Промышленных объектов среди них пока не выявлено [8]. Лейкограниты характеризуются слабогнейсоватой текстурой, обусловленной едва выраженной ориентировкой биотита, мелко-, среднезернистой структурой и гипидиоморфнозернистой микроструктурой. Состоят из кварца (~ 40 %), кислого олигоклаза (~ 30 %), решетчатого микроклина (~ 30 %), биотита (~ 1 %). Кварц выполняет интерстиции между полевыми шпатами, образует как крупные (до 3.5 мм) обособления неправильной формы из

нескольких индивидов, так и мелкозернистые агрегаты. Калинатровый полевой шпат часто содержит пертиты и замещается «шахматным» альбитом. Изредка наблюдаются единичные мирмекиты. Акцессорные минералы представлены цирконом, апатитом, флюоритом, ассоциирующим как с биотитом, так и с салическими минералами. Данных о возрасте лейкогранитов нет, по аналогии с петрографически и химически сходными массивами монцодиорит-гранитного типа данной территории принят среднепермский возраст (~ 270 млн лет), но не исключается возможность и позднепермской датировки [8].

Лейкограниты Карасьевского массива, условно относимого к гранитному типу, являются вмещающими для одноименного вольфрам-бериллиевого месторождения [8]. Граниты массивные, местами слабогнейсоватые за счет ориентировки чешуек слюды. Структура гранитов средне-, мелкозернистая, равномерно-зернистая, микроструктура гипидиоморфно-зернистая. Сложены кварцем (~ 30 %), плагиоклазом (~ 33 %), калинатровым полевым шпатом (~ 32 %), биотитом (~ 5 %), мусковитом (2–3 %). Плагиоклаз представлен кислым олигоклазом и альбитом, его кристаллы иногда имеют зональное строение, подчеркнутое интенсивной серицитизацией их центральных частей. Калинатровый полевой шпат — решетчатый микроклин —сопровождается обильными выделениями мирмекита. Биотит слагает отдельные лейсты и их агрегаты, нередко совместно с мусковитом. Характерные ацессории: апатит, циркон, монацит, ильменит, ксенотим, магнетит. Данных о возрасте лейкогранитов нет, в соответствии с легендой Среднеуральской серии листов Госгеолкарты-200 условно он определен как позднепермский [8].

Юго-Коневский массив, относимый в работе [3] к гранитному типу, при геолого-съемочных работах выделен в самостоятельный комплекс, образованный двумя фазами: 1) гранитами с подчиненным количеством гранодиоритов и 2) лейкогранитами. В поле силы тяжести они совместно с Карасьевским массивом пространственно тяготеют к единому минимуму интенсивностью более 30 мГал, что позволяет предположить их слияние на глубине [8]. Данных о возрасте пород нет, условно принят позднепермско-раннетриасовый возраст комплекса «по аналогии с другими редкометалльными гранитоидами Урала и в соответствии с легендой Среднеуральской серии Госгеолкарты-200» [8].

Граниты Юго-Коневского массива I фазы массивные, характеризуются порфировидной (за счет крупных выделений калинатрового полевого шпата) структурой с мелкозернистой основной массой, обладающей гипидиоморфно-зернистой микроструктурой. Порода состоит из кварца (~ 23 %), плагиоклаза (~ 36 %), решетчатого микроклина (~ 33 %), биотита (~ 7 %). Плагиоклаз представлен кислым олигоклазом — альбит-олигоклазом, образующим иногда зональные кристаллы. Микроклин порфировидных выделений иногда содержит включения плагиоклаза как в виде пертитов, так и в виде пойкилитовых зональных зерен, а также кварца. Биотит и мусковит образуют в основной массе отдельные чешуйки

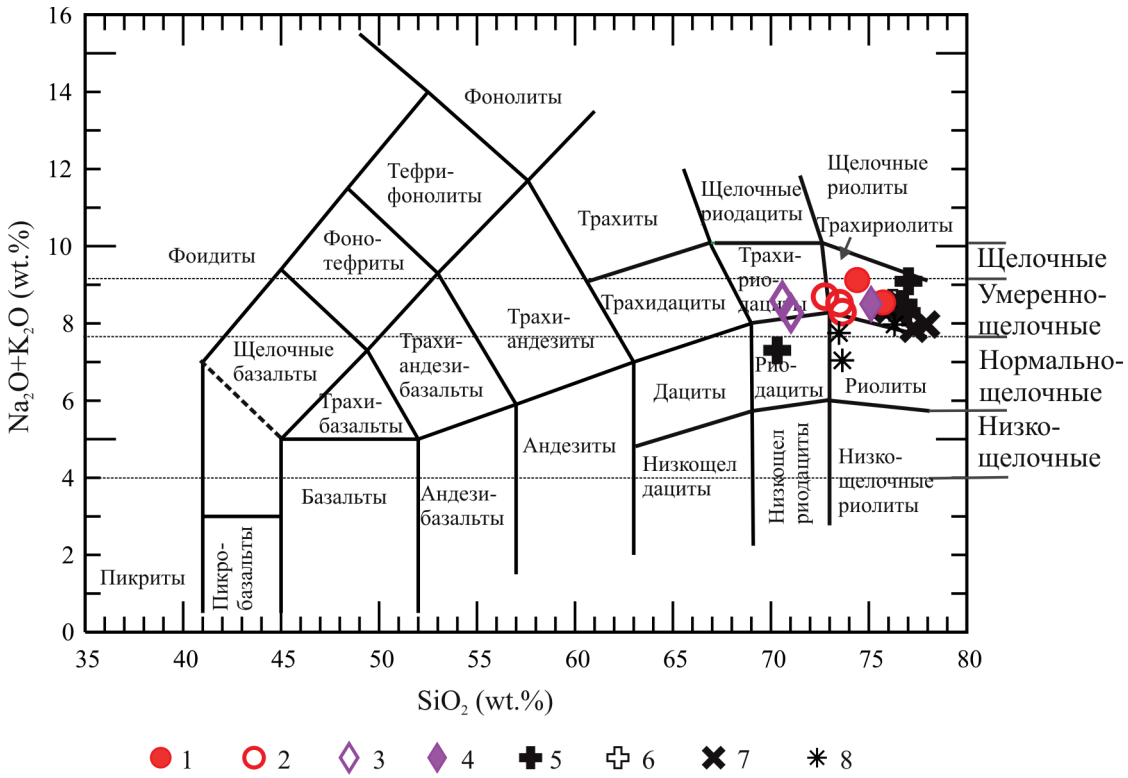
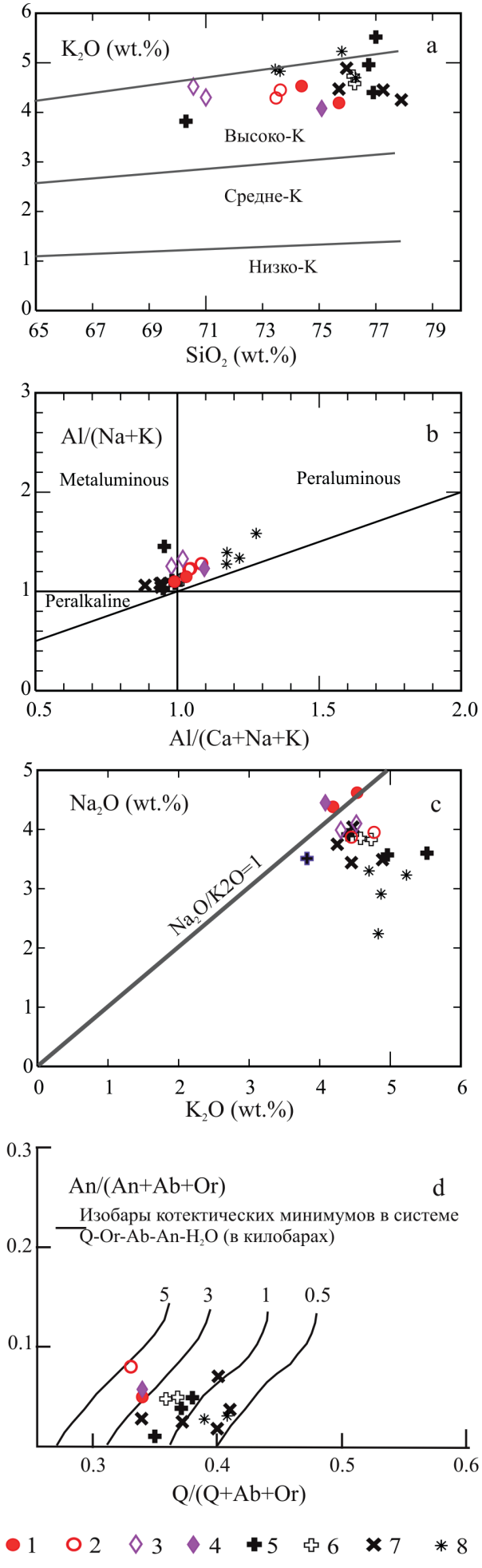


Рис. 2. TAS-диаграмма для гранитных пород Шилово-Коневской группы, несущих грейзеновое вольфрамовое оруденение: 1 — лейкограниты горы Галочьей (Шиловский массив); 2 — лейкограниты Карасьевского массива; 3–4 — гранитоиды Юго-Коневского массива: 3 — граниты I фазы; 4 — лейкограниты II фазы; 5 — граниты и лейкограниты Акчатауского массива (Ц. Казахстан) [18 и ссылки в ней]; 6 — лейкограниты массива Восточный Коунрад (Ц. Казахстан) [18 и ссылки в ней]; 7 — лейкограниты массива Suyunhe (С-З Китай) [18 и ссылки в ней]; 8 — лейкограниты Богемского массива (Австрия) [15]

Fig. 2. TAS-diagram of the Shilovo-Konevsky group W-bearing granitic rocks: 1 — leucogranite, Galochja Hill (Shilovsky massif); 2 — leucogranite, Karasjevsky massif; 3–4 — granites, Jugo-Konevsky massif: 3 — granite (1st facies); 4 — leucogranite (2nd facies); 5 — granites and leucogranites, Akshatau massif (Central Kazakhstan) [18 and reference in it]; 6 — leucogranites, East Kounrad massif (Central Kazakhstan) [18 and reference in it]; 7 — leucogranites, Suyunhe massif (Nord-West China) [18 and reference in it]; 8 — leucogranites, Bohemian massif (Austria) [15]



Химический состав (петрогенные элементы, мас. %; концентрации элементов-примесей, г/т) представительных образцов вольфрамоносных гранитоидов Шиловско-Коневской группы массивов

Chemical composition (petrogeneous elements, wt %, trace-elements (ppm)) of representative W-bearing granitic rocks from Shilovo-Konevsky group of massifs

Sample	1	2	3	4	5
	Гал2	Кр6	Кр1	ЮК1	ЮК6
SiO_2	74.4	73.5	73.6	71.0	75.1
TiO_2	0.1	0.2	0.2	0.3	0.1
Al_2O_3	13.7	14.3	14.3	14.9	14.5
Fe_2O_{3tot}	1.0	1.4	1.6	1.8	0.7
MnO	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0
MgO	0.0	0.3	0.2	0.6	0.0
CaO	0.8	1.1	1.1	1.9	0.8
Na_2O	4.6	4.3	3.9	4.0	4.4
K_2O	4.5	4.3	4.5	4.3	4.1
P_2O_5	0	0.1	0	0.1	0
п.п.п.	0.30	0.40	0.40	0.90	0.30
Li	9.8	40.0	27.6	51.3	14.0
Be	8.4	5.0	3.4	3.2	2.5
Rb	266	170	195	118	160
Sr	126	180	135	501	100
Y	8.40	16.00	10.49	6.91	4.00
Zr	134	150	107	78	62
Nb	43.4	19.0	14.9	8.5	6.0
W	238	8	591	461	10
Ba	196	600	664	992	90
La	28.0	50.0	30.2	25.0	5.0
Ce	49.0	80.0	78.8	63.7	10.0
Pr	5.46	10.00	6.30	5.54	1.10
Nd	15.4	34.0	21.3	19.2	3.9
Sm	1.96	5.00	3.92	3.03	0.80
Eu	0.35	1.00	0.55	0.65	0.20
Gd	1.40	4.00	2.89	1.84	0.70
Tb	0.14	0.50	0.43	0.23	0.08
Dy	0.98	2.70	2.50	1.24	0.50
Ho	0.21	0.50	0.44	0.21	0.10
Er	0.70	1.60	1.16	0.56	0.33
Tm	0.15	0.25	0.17	0.08	0.05
Yb	1.26	1.80	1.11	0.51	0.40
Lu	0.24	0.27	0.17	0.07	0.07
Hf	7.00	6.00	2.47	1.70	3.00
Ta	9.80	2.80	2.20	0.77	0.70
Pb	40.6	30.0	29.1	28.9	50.0
Th	49	34	27	18	24
U	11	13	14	7	18

Примечание: 1 — лейкогранит горы Галочьей, Шиловский массив; 2–3 — лейкограниты Карасьевского массива (3 — слабогрейзенизированный лейкогранит); 4–5 — гранитоиды Юго-Коневского массива (4 — гранит первой фазы; 5 — лейкогранит второй фазы).

Note: 1 — leucogranite, Galochja Hill, Shilovsky massif; 2–3 — leucogranites, Karasjevsky massif (3 — partly- greisened leucogranite); 4–5 — granites, Jugo-Konevsky massif (4 — granite, 1st facies; 5 — leucogranite, 2nd facies).

Рис. 3. Петрохимические параметры гранитных пород Шилово-Коневской группы, несущих грейзеновое вольфрамовое оруденение: a) диаграмма SiO_2–K_2O; b) индекс Шанда: A/CNK–A/NK (Al_2O_3/(CaO +Na_2O + K_2O)–Al_2O_3/(Na_2O + K_2O) — молекулярные количества [16]; c) диаграмма Na_2O–K_2O; d) диаграмма Q/(Q+Ab+Or)–An/(An+Ab+Or) [14]. Условные обозначения — на рис. 2

Fig. 3. Classification diagrams of the Shilovo-Konevsky group W-bearing granitic rocks: a) diagram SiO_2 vs K_2O; b) Shand index diagram A/CNK vs A/NK (Al_2O_3/(CaO +Na_2O + K_2O)–Al_2O_3/(Na_2O + K_2O) — molar ratios) [16]; c) diagram Na_2O vs K_2O; d) diagram Q/(Q+Ab+Or) vs An/(An+Ab+Or) [14]. Symbols as in Figure 2

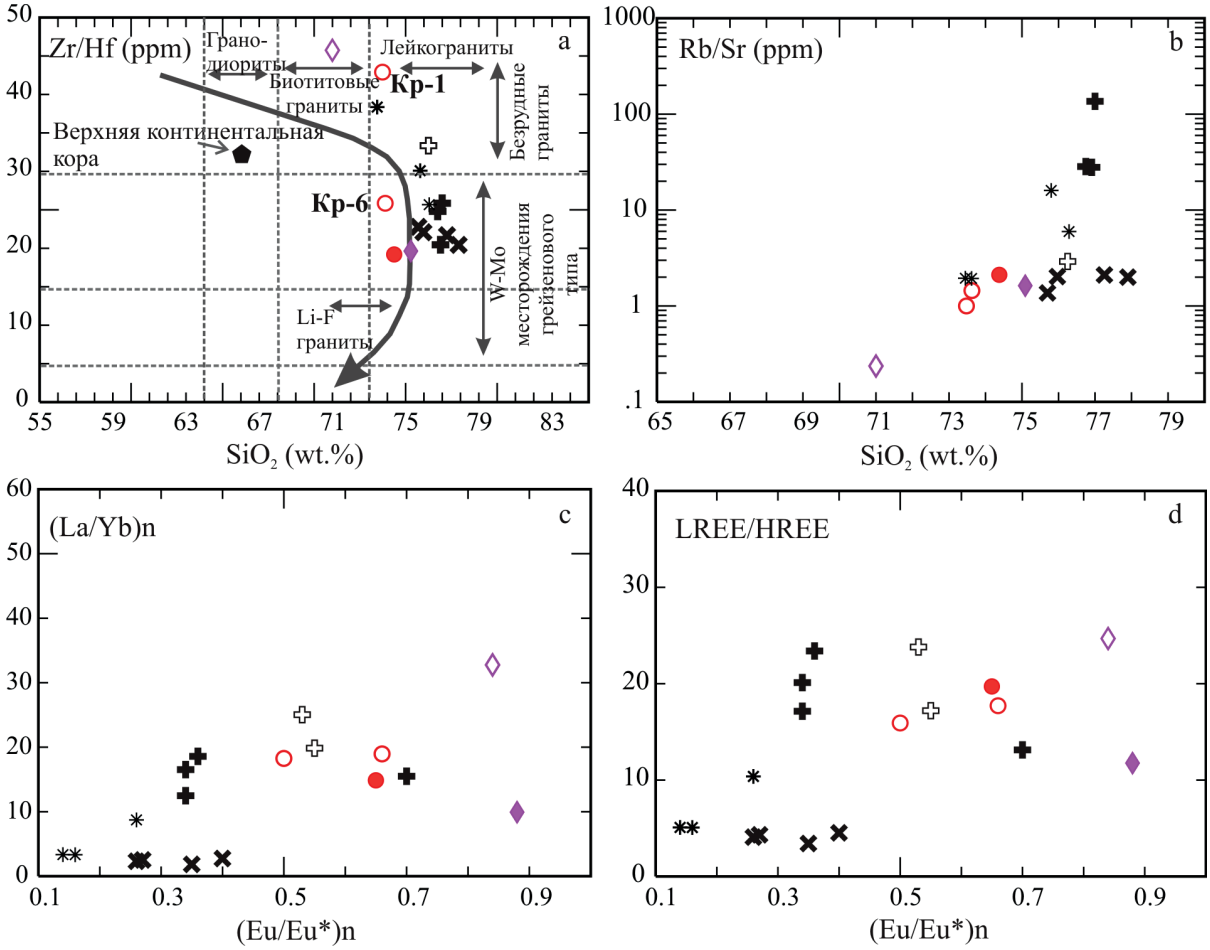


Рис. 4. Геохимические характеристики гранитных пород Шилово-Коневской группы, несущих грейзеновое вольфрамовое оруденение: a) диаграмма SiO_2–Zr/Hf [5], состав верхней континентальной коры — по [20]; b) диаграмма SiO_2–Rb/Sr; c) диаграмма (Eu/Eu*)n–(La/Yb)n; d) диаграмма LREE/HREE– (Eu/Eu*)n. Условные обозначения — на рис. 2

Fig. 4. Geochemical composition of the Shilovo-Konevsky group W-bearing granitic rocks.
a) diagram SiO_2 vs Zr/Hf [5], Upper Crust composition is from [20]; b) diagram SiO_2 vs Rb/Sr; c) diagram (Eu/Eu*)n–(La/Yb)n; d) diagram LREE/HREE– (Eu/Eu*)n. Symbols as in Figure 2

и совместные агрегаты. Акцессорная ассоциация образована цирконом, апатитом, титанитом, рутилом (образует иногда игольчатые включения в кварце), редкими зернами магнетита.

Лейкограниты Юго-Коневского массива II фазы, которые, по данным [8], контролируют размещение оруденения в Боевско-Биктимировской рудной зоне, представляют собой массивные, средне- до крупнозернистых породы со слабопорфировидной (за счет более крупных выделений калинатрового полевого шпата и округлых зерен кварца) структурой и гипидиоморфно-зернистой микроструктурой. Состоят из кварца (~ 28–30 %), альбит-олигоклаза (~ 36 %), калинатрового полевого шпата (~ 32 %), биотита (~ 3 %). Микроклин иногда содержит небольшие пертитовые вростки плагиоклаза и сопровождается мирмекитами. Распределение биотита в породе крайне неравномерно, преимущественно он образует агрегаты. Акцессории представлены цирконом, апатитом.

Как было установлено предыдущими исследованиями, продуктивные на вольфрам-грейзеновое оруденение уральские гранитоиды по петрохимическим параметрам очень близки к центрально-казахстанским [3, 4], а также китайским и породам Богемского массива — все они относятся к высококалиевым лейкогранитам преимущественно умеренно-щелочного ряда (см. таблицу; рис. 2, 3, a). Главные отличия от центрально-казахстанских [3, 4] и китайских пород состоят в несколько меньшей кременекислотности уральских лейкогранитов и их большей насыщенности глиноземом (рис. 2, 3, b). Но к лейкогранитам Богемского массива по этим параметрам уральские породы близки. Более «универсальным» и, возможно, значимым различием между уральскими и «эталонными» вольфрамоносными лейкогранитами является соотношение щелочей: уральские более обогащены натрием, а все «эталонные» — калием (рис. 3, c). Известно, что с ростом активности калия в расплаве уменьшается возможность кристаллохимического рассеяния вольфрама, что способствует его накоплению в остаточных расплавах-растворах с образованием собственных минералов [9].

Названные отличия в химизме хорошо объясняются разницей в фациальных условиях формирования пород. Составы уральских лейкогранитов отвечают расплавам большей водонасыщенности (PH_2O — не менее 3 кбар, рис. 3, d), а более «сухие» (PH_2O = 2.5–0.5 кбар) расплавы «эталонных» вольфрамоносных лейкогранитов дают составы, относительно обогащенные нормативными кварцем и ортоклазом. Эти выводы хорошо согласуются с петрографическими особенностями уральских пород (субсольвусный щелочной полевой шпат, нередкое присутствие мирмекита), отвечающими мезоабиссальным условиям их формирования, тогда как «эталонные» вольфрамоносные гранитоиды относятся к менее глубинным образованиям.

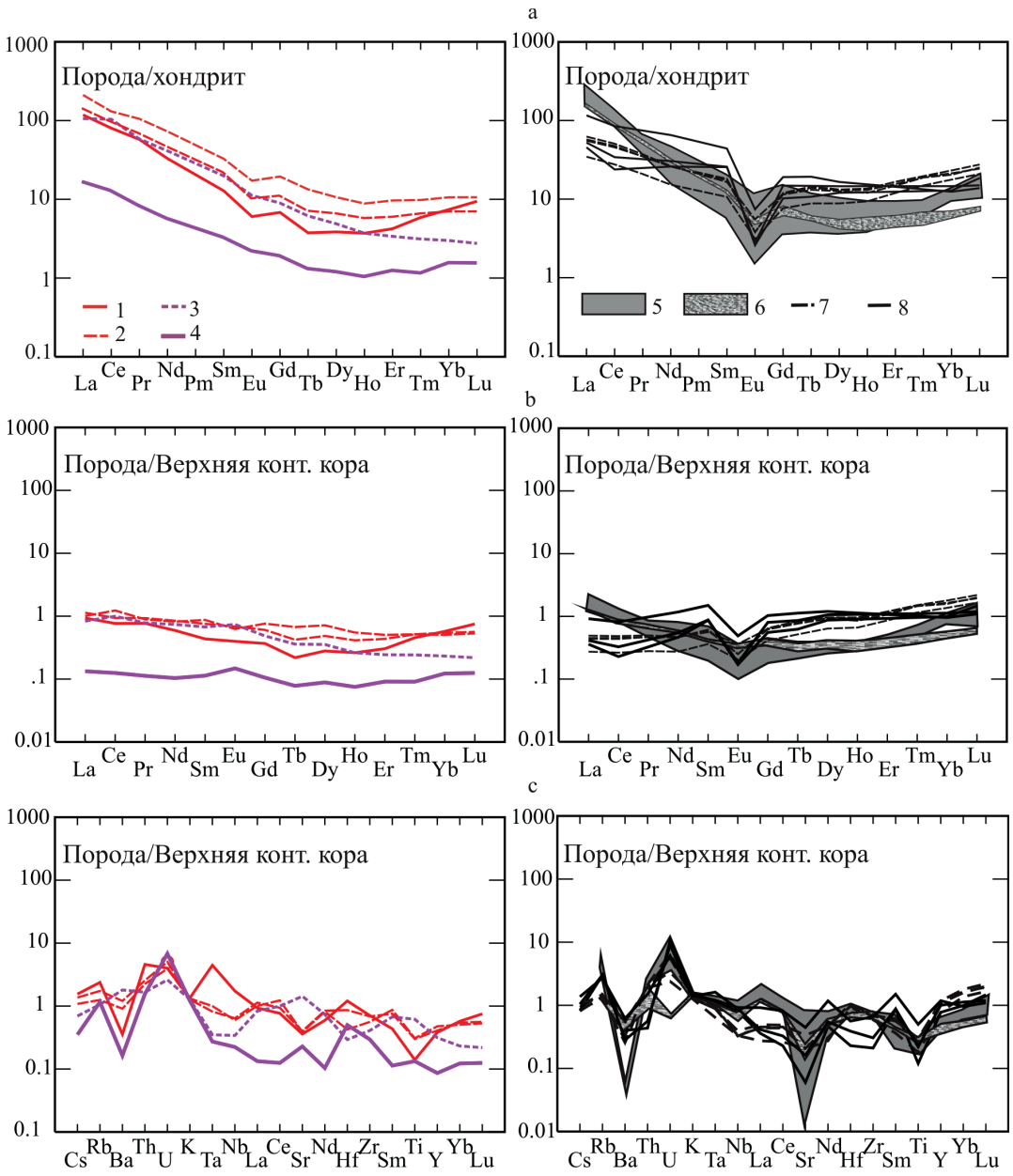


Рис. 5. Спайдер-диаграммы для гранитных пород Шилово-Коневской группы, несущих грейзеновое вольфрамовое оруденение: хондрит-нормированное [19] распределение РЗЭ (a); распределение РЗЭ (b) и элементов-примесей (c), нормированное на верхнюю континентальную кору [20]. 1 — лейкограниты горы Галочьей (Шиловский массив); 2 — лейкограниты Карасьевского массива; 3, 4 гранитоиды Юго-Коневского массива: 3 — граниты I фазы; 4 — лейкограниты II фазы; 5 — граниты и лейкограниты Акчатаусского массива (Ц. Казахстан) [18 и ссылки в ней]; 6 — лейкограниты массива Восточный Коунрад (Ц. Казахстан) [18 и ссылки в ней]; 7 — лейкограниты массива Суюньхэ (С-З Китай) [18 и ссылки в ней]; 8 — лейкограниты Богемского массива (Австрия) [15]

Fig. 5. Chondrite normalized [19] REE distribution (a); Upper Crust normalized [20] REE distribution (b) and patterns of trace elements (c) for Shilovo-Konevsky group W-bearing granitic rocks. 1 — leucogranite, Galochja Hill (Shilovsky massif); 2 — leucogranite, Karasjevsky massif; 3–4 — granites, Jugo-Konevsky massif: 3 — granite (1st facies); 4 — leucogranite (2nd facies); 5 — granites and leucogranites, Akshatau massif (Central Kazakhstan) [18 and reference in it]; 6 — leucogranites, East Kounrad massif (Central Kazakhstan) [18 and reference in it]; 7 — leucogranites, Suyunhe massif (Nord-West China) [18 and reference in it]; 8 — leucogranites, Bohemian massif (Austria) [15]

Данные о поведении элементов-примесей дают дополнительную информацию для сравнения в разной степени рудоносных и безрудных пород, позволяют сравнить характер процессов дифференциации гранитных расплавов, которые оказывают решающее влияние на поведение вольфрама при кристаллизации гранитной магмы и определяют формирование рудопродуктивных гранитных пород [9, 5, 18 и др.].

По отношению Zr/Hf, наиболее надежному показателю фракционирования и рудоперспективности редкометалльных гранитов [5], лейкограниты Шилово-Коневской группы, с которыми ассоциировано W-грейзеновое оруденение, практически неотличимы от «классических» вольфрамоносных гранитоидов (рис. 4, a). Однако по Rb/Sr-отношению — индексу кристаллизационной дифференциации, связанному с фракционированием полевых шпатов — главных породообразующих минералов — наиболее дифференцированные уральские лейкограниты сопоставимы лишь с самыми наименее фракционированными гранитоидами «эталонных» объектов (рис. 4, b). Если поведение щелочного полевого шпата в тех и других в основном сходно,

на что указывает отчетливый минимум бария в мультиэлементном спектре (рис. 5, c), то в поведении плагиоклаза очевидна принципиальная разница: глубокие минимумы европия и стронция в «эталонных» вольфрамоносных лейкогранитах (рис. 5, b, c) свидетельствуют о фракционировании плагиоклаза, тогда как уральские породы характеризуются слабым или отсутствующим минимумом европия и слабой отрицательной либо даже положительной аномалией стронция. Поведение других редкоземельных элементов также характеризует уральские гранитоиды как относительно слабофракционированные: они заметно обогащены элементами легкой части спектра, тогда как для «эталонных» редкометалльных вольфрамоносных лейкогранитов типичны близкие уровни нормированных содержаний легких и тяжелых РЗЭ (рис. 4, c, d; 5, a). При отсутствии большого объема ранних фаз существенно более основного состава и в «эталонных» вольфрамоносных гранитоидных комплексах, и в уральских главной причиной таких различий в степени фракционирования кислых магм, вероятно, могли служить различия в составе источника — верхней коры. В «классических» редкометалльных провинциях, в отличие от Урала, она является «глубоко дифференцированной, сиаличной» и граниты во многом «наследуют» ее геохимические характеристики. Кроме того, важным фактором является содержание фтора в расплаве и равновесном с ним флюиде: фтор в гаплогранитной системе не только способствует мобилизации вольфрама из расплава во флюид [9, 4], но и сильно понижает температуру солидуса гранитной магмы [17], что способствует более глубокой дифференциации остаточных фаз расплава [5]. Уральские лейкограниты в разы беднее фтором, чем, например, центрально-казахстанские [4, 5].

Самым же неожиданным является то, что из рассмотренных примеров гранитоидов Шилово-Коневской группы наименее фракционированными оказались граниты и лейкограниты Юго-Коневского массива. По данным [8], именно с последними бериллий-молибден-вольфрамовое оруденение связано генетически, а металлогеническая специализация гранитов Карасьевского массива осталась не ясна. Приведенные геохимические данные позволяют предположить, что рудоносными могут быть именно породы Карасьевского массива, его не вскрытые эрозией апофизы или апикальные части. Гранитоиды Юго-Коневского массива по геохимическим характеристикам и минералого-петрографическим особенностям близки к породам монцодиорит-гранитного типа, с которыми связаны рудопроявления непромышленного масштаба. В то же время из рассмотренных пород Шилово-Коневской группы именно лейкограниты горы Галочьей в Шиловском массиве — типичном представителе монцодиорит-гранитного типа — по своим геохимическим особенностям наиболее близки к фракционированным рудопродуктивным лейкогранитам «классических» редкометалльных провинций, что позволяет предполагать возможность обнаружения связанного с ними оруденения промышленного масштаба.

Выводы

Установлено, что продуктивные на вольфрам-грейзеновое оруденение гранитоиды Шилово-Коневской группы массивов в восточной части Восточно-Уральской зоны при общей близости по составу к вольфрамоносным гранитным породам «эталонных» редкометалльных провинций мира отличаются от них несколько меньшей кременекислотностью, большей насыщенностью глиноземом и большей «натровостью», что обусловлено различием в фациальных условиях формирования пород: уральские лейкограниты являются более глубинными, их магмы характеризуются большей водонасыщенностью. Редкоэлементный состав гранитоидов Шилово-Коневской группы характеризует их как продукты менее глубоко дифференцированных гранитных магм по сравнению с «эталонными» объектами, что может объясняться как их меньшей фтористостью, так и меньшей степенью зрелости уральской континентальной коры. Высказано предположение о более высокой вольфрам-грейзеновой рудопродуктивности лейкогранитов Карасьевского массива.

Исследование проведено в рамках государственного задания ИГГ УрО РАН (№ гос. рег. тем АААА-А18-118052590029-6 и АААА-А18-118052590034-0).

Литература

1. *Грабежев А. И.* Метасоматизм, рудообразование и гранитный магматизм. М.: Наука, 1981. 292 с.

2. *Грабежев А. И., Покровский П. В.* Особенности молибденито-гюбнеритовых месторождений, связанных с гранитами различной фациальности // Минералогия и геохимия вольфрамовых месторождений: Труды III Всесоюзн. сов. по минералогии, геохимии, генезису и комплексному использованию вольфрамовых месторождений СССР. Л.: Издательство ЛГУ, 1975. С. 83–90.

3. *Грабежев А. И., Чащухина В. А., Вигорова В. Г.* Геохимические критерии редкометалльной рудоносности гранитоидов (на примере Урала). Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. 128 с.

4. *О двух* генетических типах вольфрамоносных лейкогранитов на примере грейзеновых месторождений Урала и Центрального Казахстана // Магматизм, метаморфизм и глубинное строение Урала: Тез. докл. VI Уральского петрогр. совещ. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1997. Ч. 2. С. 160–162.

5. *Зарайский Г. П., Аксюк А. М., Девятова В. Н., Удоратина О. В., Чевычелов В. Ю.* Цирконий-гафниевый индикатор фракционирования редкометалльных гранитов // Петрология. 2009. Т. 17. № 1. С. 28–50.

6. *Золоев К. К., Левин В. Я., Мормиль С. И., Шардакова Г. Ю.* Минерагения и месторождения редких металлов, молибдена, вольфрама Урала / Министерство природных ресурсов РФ, ГУПР по Свердловской области, Институт геологии и геохимии им. А. Н. Заварицкого УрО РАН, ОАО «УГСЭ». Екатеринбург, 2004. 336 с.

7. *Коваленко Н. И.* Петрология и геохимия редкометалльных гранитоидов. Новосибирск: Наука, 1977. 206 с.

8. *Коровко А. В., Двоеглазов Д. А., Кузовков Г. Н.* и др. Составление и подготовка к изданию Госгеолкарты-200 (новая серия) листа O-41-XXXII Среднеуральской серии и частичное проведение в его пределах ГДП-200 (Каменская площадь): Отчет Исетской ГСП за 1997–2001 гг. / Департамент природных ресурсов по Уральскому региону, ОАО «Средне-Уральская ГРЭ», Верхняя Пышма, июнь 2001 г.

9. *Ляхович В. В.* Вольфрамоносные граниты. М.: Наука, 1989. 256 с.

10. *Покровский П. В.* Минеральный состав, структурные особенности, условия локализации Карасьевского, Пороховского, Пьянковского вольфрамовых месторождений Боевско-Юго-Коневской группы // Труды Уральского ФАН СССР, 1950. С. 15–24.

11. *Покровский П. В., Рапопорт М. С., Комарова З. И.* Шиловско-Коневская группа гранитоидных массивов.

Путеводитель Свердловской экскурсии. Свердловск, 1966. Ч. II, 121 с.

12. *Пучков В. Н.* Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.

13. *Рапопорт М. С.* Геология и магматизм района Шилово-Коневской группы гранитоидных массивов на Среднем Урале: автореф. дис. ... к. г.-м. н. Свердловск, 1971. 24 с.

14. *Фершатер Г. Б.* Петрология главных интрузивных ассоциаций. М.: Наука,1987. 232 с.

15. *Koller F., Hogelsberger H., Koeberl C.* Fluid rock interaction in the Mo-bearing Nebelstein greisen complex, Bogemian massif (Austria) // Mineralogy and Petrology, 1992. 45. V. 3–4. P. 261–267.

16. *Maniar P. D. and Piccoli P. M.* Tectonic discrimination of granitoids. Geological Society of America Bulletin, 1989. V.101. PP.635-643.

17. *Manning D. A. C.* The effect of fluorine on liquidus phase relationship in the system Qz-Ab-Or with excess water at 1 kb // Contrib. Mineral. Petrol. 1981. V. 76. P. 206–215.

18. *Shen P., Pan H., Xiao W., Chen X., Seitmuratova E.Y., Shen Y.* Two geodynamic – metallogenic events in the Balkhash (Kazakhstan) and the West Junggar (China): Carboniferaus porphyry Cu and Permian greisen W-Mo mineralization // Interational Geology Review, 2013. V. 55. №13. P. 1660–1687.

19. *Sun S. S., McDonough W. F.* Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // Saunders, A.D., Norry, M.J. (Eds.), Magmatism in Ocean Basins. Geological Society of London, Special Publication, 1989. V. 42, PP. 313–345.

20. *Taylor S. R., McLennan S. M.* The Continental Crust: Its Composition and Evolution. Blackwell, Oxford, 1985. 312 p.

References

1. Grabezhev A. I. *Metasomatizm, rudoobrazovanie i granitnyj magmatizm* (Metasomatism, ore formation and granite magmatrism). Moscow: Science, 1981, 292 pp.

2. Grabezhev A. I., Pokrovskij P. V. *Osobennosti molibdenito-gyubneritovyh mestorozhdenij, svyazannyh s granitami razlichnoj facial'nosti* (The peculiar properties of the molybdenite-gubernite deposites, which are associated with the different depth formation granites). *Mineralogiya i geohimiya vol'framovyh mestorozhdenij. Trudy III Vsesoyuzn. sov. po mineralogii, geohimii, genezisu i kompleksnomu ispol'zovaniyu vol'framovyh mestorozhdenij* (Mineralogy and geochemistry of tungsten deposites. Proceedings of the III All-Union meeting on Mineralogy, geochemistry, genesis and complex using of tungsten deposites in SSSR. Leningrad: Ed. LGU, 1975, pp. 83–90.

3. Grabezhev A. I., Chashchuhina V. A., Vigorova V. G. *Geohimicheskie kriterii redkometal'noj rudonosnosti granitoidov (na primere Urala)* (The Geochemical criteria of granitic rocks rare-metal productiveness (the Urals)). Sverdlovsk: USC AS USSR, 1987, 128 p.

4. Zarajskij G. P., Aksyuk A. M. *O dvuh geneticheskih tipah vol'framonosnyh lejkogranitov na primere grejzenovyh mestorozhdenij Urala i Central'nogo Kazahstana* (About two genetic types of tungsten-bearing leucogranites for Urals and Central Kazahstan greisen deposites example). *Magmatizm, metamorfizm i glubinnoe stroenie Urala* (Magmatrism, metamorphism and the deep structure of the Urals). *Tez. dokl. VI Ural'skogo petrogr. soveshch.* (Abstracts of VI Urals petrographic meeting). Part.2. Ekaterinburg: IGG UB RAS, 1997, pp. 160–162.

5. Zarajskij G. P., Aksyuk A. M., Devyatova V. N., Udoratina O. V., Chevychelov V. YU. *Cirkonij-gafnievyj indikator frakcionirovaniya redkometal'nyh granitov* (The Zr/Hf ratio as a fractionation indicator of rare-metal granites). *Petrologiya* (Petrology), 2009, V. 17, No. 1, pp. 28-50.

6. Zoloev K. K., Levin V. YA., Mormil' S. I., Shardakova G. YU. *Minerageniya i mestorozhdeniya redkih metallov, molibdena, vol'frama Urala* (Minerageny and deposites of rare metals, molybdenium and tungsten of Urals). Ekaterinburg: Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, 2004, 336 p.

7. Kovalenko N. I. *Petrologiya i geohimiya redkometal'nyh granitoidov* (Petrology and Geochemistry of rare-metal granitoids). Novosibirsk: Science, 1977, 206 p.

8. Korovko A. V., Dvoeglazov D. A., Kuzovkov G. N. et al. *Sostavlenie i podgotovka k izdaniyu Gosgeolkarty-200 (novaya seriya) lista O-41-XXXII Sredneural'skoj serii i chastichnoe provedenie v ego predelah GDP-200 (Kamenskaya ploshchad'). Otchet Isetskoj GSP za 1997–2001 gg. Departament prirodnyh resursov po Ural'skomu regionu,* (Formation and run-up for publication of the State geological map 1:200000 (new series) Sheet O-41-XXXII Middle-Urals series and partly carrying out within it of the Additional Geological Study 200 (Kamenskaya territory). Report of the Isetskaya geological mapping company 1997-2001.

9. Lyahovich V. V. *Volframonosnye granity* (W-bearing granites). Moscow: Science, 1989, 256 p.

10. Pokrovskij P. V. *Mineralny sostav, strukturnye osobennosti, usloviya lokalizacii Karasevskogo, Porohovskogo, Pyankovskogo vol'framovyh mestorozhdenij Boevsko-Yugo-Konevskoj gruppy* (Mineral composition, structure peculiar properties, locality conditions of the Karas'evskoe, Porohovskoe, P'yankovskoe tungsten deposites of Boevsko–Yugo-Konevskaya group). Proceedings of UB RAS, 1950, pp. 15-24.

11. Pokrovskij P. V., Rapoport M. S., Komarova Z. I. *Shilovsko-Konevskaya gruppa granitoidnyh massivov. Putevoditel Sverdlovskoj ekskursii* (Shilovsko-Konevsky group of granitoid massifs. Guidebook of the Sverdlovsk excursion). Sverdlovsk, 1966, Part 2, 121 p.

12. Puchkov V. N. *Geologiya Urala i Priuralya (aktualnye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii)* (Geology of the Urals and Cis-Urals (actual problems of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny). Ufa: DesignPoligraphService, 2010, 280 p.

13. Rapoport M. S. *Geologiya i magmatizm rajona Shilovo-Konevskoj gruppy granitoidnyh massivov na Srednem Urale* (Geology and magmatism of the territory of Shilovo-Konevsky group of massifs in the Middle Urals). Dissertation abstract cand. geol.-min. Sc. Sverdlovsk, 1971, 24 p.

14. Fershtater G. B. *Petrologiya glavnyh intruzivnyh associacij* (Petrology of Major Intrusive Assosiations). Moscow: Science, 1987, 232 p.

15. Koller F., Hogelsberger H., Koeberl C. Fluid rock interaction in the Mo-bearing Nebelstein greisen complex, Bogemian massif (Austria). Mineralogy and Petrology, 45, V. 3–4, pp. 261–267.

16. Maniar P. D. and Piccoli P. M. Tectonic discrimination of granitoids. Geological Society of America Bulletin, 1989, V. 101, pp. 635–643.

17. Manning D. A. C. The effect of fluorine on liquidus phase relationship in the system Qz-Ab-Or with excess water at 1 kb. Contrib. Mineral. Petrol., 1981, V. 76, pp. 206–215.

18. Shen P., Pan H., Xiao W., Chen X., Seitmuratova E.Y., Shen Y. Two geodynamic – metallogenic events in the Balkhash (Kazakhstan) and the West Junggar (China): Carboniferaus porphyry Cu and Permian greisen W-Mo mineralization. International Geology Review, 2013, V. 55, No. 13, pp. 1660–1687.

19. Sun S. S., McDonough W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Saunders, A. D., Norry, M. J. (Eds.), Magmatism in Ocean Basins. Geological Society of London, Special Publication, 1989, V.42, pp.313–345.

20. Taylor S. R., McLennan S. M. The Continental Crust: Its Composition and Evolution. Blackwell, Oxford, 1985, 312 p.

УДК 549.742:552.313.8 DOI: 10.19110/2221-1381-2019-12-12-19

ФУМАРОЛЬНЫЕ КАРБОНАТНЫЕ МИНЕРАЛИЗАЦИИ НА ПРИМЕРЕ БТТИ (КАМЧАТКА)

А. Ф. Хазов[1], Л. П. Вергасова[2], Ю. С. Симакова[1], И. В. Смолева[1], К. В. Тарасов[2], В. И. Силаев[1]

[1]Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
akhazov@geo.komisc.ru

[2]Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский
vlp@kscnet.ru

Исследованы фумарольные карбонатные минерализации с Толбачинского дола (БТТИ, Камчатка) и с более древнего эруптивного центра Песчаные горки. В составе минерализаций диагностирована редкая ассоциация водных хлоргидроксил- и гидроксилкарбонатов, а также безводных K-Na-Mg-Ca-карбонатов с примесью сульфатов, апатита и силикатов пирокластического происхождения. Выявлены факты аномальности и гетерогенности изотопно-геохимических свойств первично-фумарольных карбонатов, тренда изменчивости этих свойств вследствие контаминации фумарол коровым экзогенно-карбонатным веществом. Установлено, что минерализация на Песчаных горках по изотопным свойствам отвечает карбонатам глубинного происхождения.

Ключевые слова: *Камчатка, фумаролы, карбонаты, изотопия углерода и кислорода.*

FUMAROL CARBONATE MINERALIZATIONS BY THE EXAMPLE OF GFTE (KAMCHATKA)

A. F. Khazov[1], L. P. Vergasova[2], Yu. S. Simakova[1], I. V. Smoleva[1], K. V. Tarasov[2], V. I. Silaev[1]

[1]Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar

[2]Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky

Fumarole carbonate mineralizations from the Tolbachik dale (GFTE, Kamchatka) and from the Sand slides older eruptive center were investigated. As part of the mineralization, a rare association of aqueous chlorohydroxyl, hydroxyl carbonates and anhydrous K-Na-Mg-Ca carbonates with an admixture of sulfates, apatite and silicates of pyroclastic origin was diagnosed. The facts of the anomalous and heterogeneous isotope-geochemical properties of primary fumarole carbonates and the trend of the variability of these properties due to fumarole contamination by an exogenous-carbonate core material were revealed. It was established that the mineralization at the Sand Slides corresponded to carbonates of deep origin by isotopic properties.

Keywords: *Kamchatka, fumaroles, carbonates, isotopy of carbon and oxygen.*

В истории вулканического извержения принято выделять несколько стадий в принципиальной последовательности: ранние эксплозии → эксплозии и лавы → эксгаляции → фумаролы. В этом направлении происходит сначала нарастание энергии извержения, а затем постепенное затухание активности вулкана. Именно поэтому фумаролы, по образному выражению самих вулканологов, являются «ядовитым дыханием умирающего вулкана» и именно потому ядовитым, что представляют собой газоводные растворы множества химически агрессивных компонентов, в частности SO_4^{2-}, Cl^-, F^-, HS^-, CS_2, HCO_3^-. В конечном счете как раз эти компоненты и определяют состав фумарольных минерализаций [12].

Как известно, в составе эксгаляционно-фумарольных минерализаций резко преобладают сульфаты [1–4, 6]. Гораздо реже встречаются почти нацело карбонатные минерализации [9–11], появление которых С. И. Набоко считала решающим признаком завершения вулканического цикла. В связи с редкостью встречаемости фумарольные карбонаты по степени изученности сильно уступают сульфатам. В продуктах Большого трещинного Толбачинского извержения (БТТИ) такие карбонаты впервые были обнаружены в конденсатах вулканических газов в нижней эксплозивной воронке шлакового конуса в апреле 1977 г., т. е. спустя почти полгода после окончания извержения через Южный прорыв. На участке Северного прорыва карбонаты были выявлены в 1979 г. сначала на лавовых потоках Первого, затем Второго конусов и еще позже на внутренних склонах Третьего конуса [12]. Наиболее интенсивное проявление карбонатных минерализаций выявилось в 1989–1992 гг. на внешнем юго-восточном и южном склонах Первого конуса вблизи кромки кратера [9].

Объектом наших исследований послужили восемь образцов, семь из которых были отобраны на шлаковых конусах № 1–3 Северного прорыва, а восьмой — с древнего эруптивного центра Песчаные горки (рис. 1, табл. 1) [16]. Образцы карбонатных минерализаций со шлаковых конусов БТТИ представляли собой рыхлый материал псаммитовой (0.05–1 мм) размерности, варьирующийся по окраске от бесцветного (белого) до кремового. Образец с Песчаных горок отличался алевритовой размерностью частиц. Во всех образцах наблюдалась примесь темных частиц вулканического материала (рис. 2).

Фазовый состав фумарольных карбонатных минерализаций анализировался рентгендифракционным методом (XRD-6000 Shimadzu). Основными минералами в изученных нами образцах (рис. 3—5) являются гидратированные гидроксилхлор- и гидроксилкарбонаты в последовательности снижения частоты встречаемости: *хлорартинит* $Mg_2[CO_3]Cl(OH)3H_2O$, *гиргиозит* $Mg_5[CO_3]_4(OH)_25H_2O$, *стихтит* $Mg_6Cr_2[CO_3](OH)_{16}4H_2O$, *гидромагнезит* $Mg_5[CO_3](OH)_25H_2O$. Реже встречаются щелочно-Mg-Ca-карбонаты — *пирссонит* $CaNa_2[CO_3]_2{\cdot}2H_2O$, *файрчильдит* $K_2Ca[CO_3]_2$, *эйтелит* $Na_2Mg[CO_3]_2$ и *брусит* $Mg(OH)_2$. Спорадически отмечаются *фатерит*, *доломит*, *арагонит*. Характерной примесью к карбонатам выступают *кварц* и силикаты — *пироксены*, *олигоклаз-альбит*, *флогопит, тальк-пирофиллит*, имеющие очевидную пирокластическую природу.

Необходимо отметить, что при исследовании мы столкнулись с тем, что наши данные по фазовому составу некоторых образцов (Вер-2) не совпали с более ран-

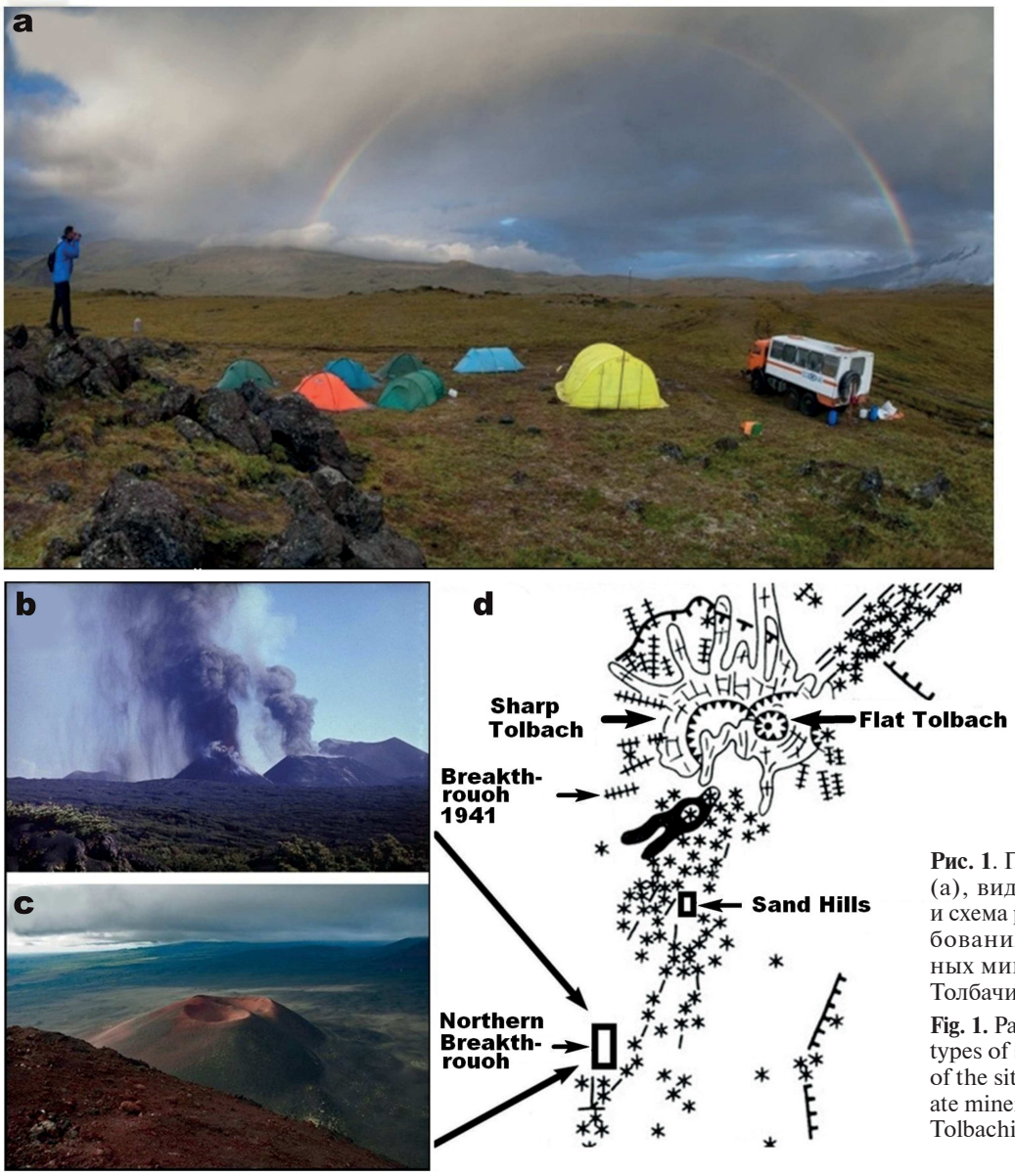


Рис. 1. Панорама Толбачинского дола (a), виды шлаковых конусов (b, c) и схема расположения участков опробования фумарольных карбонатных минерализаций на территории Толбачинского дола (d)

Fig. 1. Panorama of the Tolbachik dale (a), types of slag cones (b, c) and the layout of the sites for testing fumarole carbonate mineralizations on the territory of the Tolbachik dale (d)

ними данными. Это, вероятно, можно объяснить неустойчивостью гидроксилхлоркарбонатов при многолетнем хранении в лаборатории.

Картину минерально-фазового состава исследуемой минерализации можно обобщить следующим образом. Большинство образцов в части карбонатов имеет преимущественно хлорартинитовый состав с примесью (в последовательности встречаемости) галита, гиоргиозита, гидромагнезита, брусита, стихтита, пирссонита, файрчильдита, эйтелита. В единичных случаях минерализация имеет преимущественно гиоргиозитовый (Вер-2) и арагонитовый (Вер-6) составы. В части пирокластической примеси основными минералами выступают диопсид и альбит-олигоклаз, к которым в незначительной степени примешиваются амфиболы, хлориты и слюды — флогопит, иллит. Спорадически (Вер-1) встречается кварц.

Валовый химический состав исследуемых минерализаций анализировался рентгенофлуоресцентным методом (XRF-1800 Shimadzu). Полученные данные подтверждают факт преимущественно карбонатного состава образцов с конусов Северного прорыва БТТИ (табл. 2). В качестве примеси в них выступают хлориды, сульфаты, силикаты и фосфаты, общее содержание которых по массе составляет 15–35 %. Пропорции между упомянутыми выше минеральными компонентами варьируются: *Вер-1* = карбонаты >> галит > силикаты > сульфаты, апатит; *Вер-2* = карбонаты > силикаты >> галит > сульфаты, апатит; *Вер-3* = карбонаты >> силикаты > галит >> сульфаты > апатит; *Вер-4* = карбонаты >> силикаты >> галит > сульфаты, апатит; *Вер-5* = карбонаты > галит >> силикаты > сульфаты. Минерализация с Песчаных горок, более древнего эруптивного центра, принципиально отличается по составу. Она лишь на четверть состоит из карбонатов — арагонита с незначительной примесью пирссонита, все остальное — силикаты (диопсид, хлориты, иллит) с исчезающе малой примесью галита, апатита и сульфатов.

Исследованные фумарольные карбонатные минерализации БТТИ характеризуются аномальными изотопно-геохимическими свойствами (анализировались на Delta V. Advantage), а именно необычным сочетанием для коровых карбонатных пород [14] изотопно-легкого углерода и относительно изотопно-тяжелого кислорода (табл. 3). По углероду эти минерализации близки к абиогенным органическим соединениям, выявленным недавно в продуктах камчатского вулканизма [13]. Это прямо подтверждается анализом изотопного состава углерода в частицах конденсированного углеродно-

Таблица 1. Объекты исследований
Table 1. Objects of research

№ обр. Sample №	Локация Location	Время образования и опробования Formation and Testing Time	Цвет и гранулометрия, мм Color and granulometr	Минеральный состав Mineral composition
Тол-11/79 (Вер-1) Tol-11/79 (Ver-1)	Лавовый поток второго конуса Second cone lava flow	6.07–9.08.1975, отбор 1979 г. 1979 selection	Бесцветный, +0.05–1 мм Colorless	Хлорартинит, гиоргиозит, галит, диопсид, альбит-олигоклаз, амфибол, хлориты, кварц Chlorartinite, Giorgiosite, Halite, Diopside, Albite-oligoclase, Amphibole, Chlorites, Quartz
Тол-296/79 (Вер-2) Tol-296/79 (Ver-2)	Третий шлаковый конус Third Slag Cone	17.08–25.08.1975, отбор 1979 г. 1979 selection	Светло-кремовый, +0.05–0.5 мм Light cream	Гиоргиозит, хлорартинит, пирсонит, файрчильдит, диопсид, альбит-олигоклаз Giorgiosite, Chlorartinitie, Pirssonite, Fairchildite, Diopside, Albite-oligoclase
Тол-29/89 (Вер-3) Tol-29/89 (Ver-3)	Первый шлаковый конус First slag cone	6.07—9.08.1975, отбор 1989 г. 1989 selection	Кремовый, +0.05–1 мм Cream	Хлорартинит, гиоргиозит, стихтит, диопсид, альбит-олигоклаз, тальк-пирофиллит, иллит Chlorartinitie, Giorgiositie, Stichtite, Diopside, Albite-oligoclase, Talc-pyrophyllite, Illite
Тол-716/89 (Вер-4) Tol-716/89 (Ver-4)	«	«	Светло-кремовый, +0.1–0.5 мм Light cream	Хлорартинит, гидромагнезит, брусит Chlorartinitie, Hydromagnesite, Brucite
Тол-Г/92 (Вер-5) Tol-G / 92 (Ver-5)	«	6.07—9.08.1975, 1992 selection	Бесцветный, +0.25–1 мм Colorless	Хлорартинит, эйтелит, фатерит, доломит, диопсид, альбит-олигоклаз, флогопит Chlorartinite, Eitelite, Vaterite, Dolomite, Diopside, Albite-oligo-clase, Phlogopite
Тол-69/96 (Вер-6) Tol-69/96 (Ver-6)	Песчаные горки Sand slides	Древний эруптивный центр, 1996 selection	Кремовый, –0.01 мм Cream	Арагонит, пирсонит, диопсид, альбит-олигоклаз, хлориты, иллит Aragonite, Pirssonite, Diopside, Albite-oligoclase, Chlorites, Illite
Тол-6/79 Tol-6/79	Лавовый поток второго конуса Second cone lava flow	6.07—9.08.1975, 1978 selection	Бесцветный, +0.05–1 мм Colorless	Хлорартинит, гидромагнезит Chlorartinie, Hydromagnesite

Примечание. Образцы для исследований предоставлены Л. П. Вергасовой

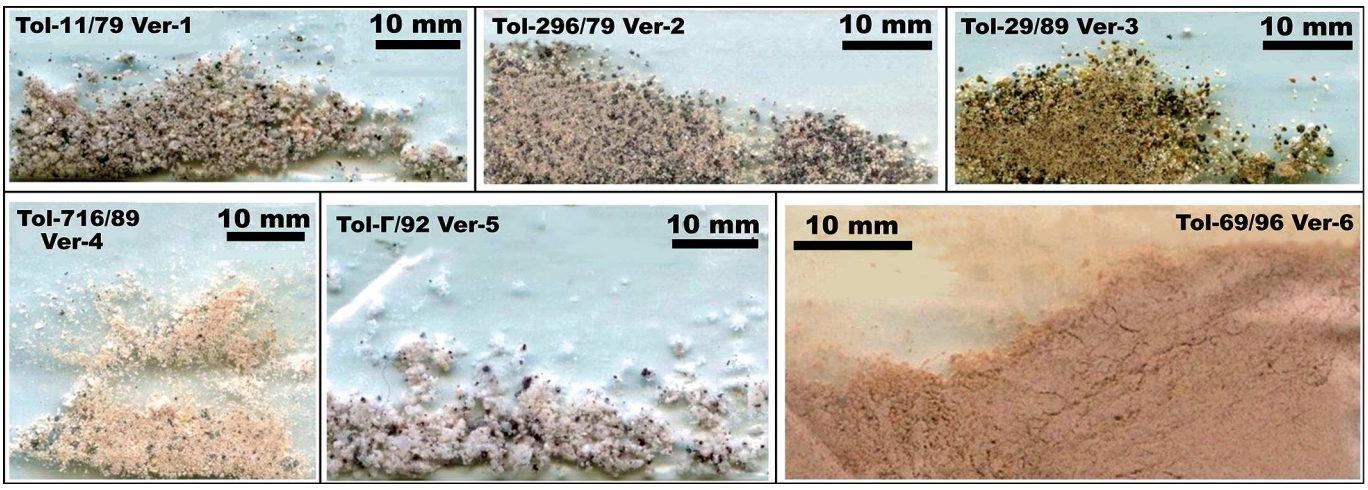


Рис. 2. Внешний вид исследованных образцов карбонатных фумарольных минерализаций
Fig. 2. Appearance of the studied carbonate fumarole mineralization samples

Таблица 2. Химический (мас. %) и нормативно-минеральный (мол. %) составы исследуемых образцов
Table 2. Chemical (wt. %) and regulatory mineral (mol. %) compositions of the samples

Компоненты Components	Вер-1 Ver-1	Вер-2 Ver-2	Вер-3 Ver-3	Вер-4 Ver-4	Вер-5 Ver-5	Вер-6 Ver-6
SiO_2	6.72	18.87	10.71	11.28	3.53	42.26
TiO_2	0.23	0.43	0.21	0.23	0	0.20
Al_2O_3	2.14	9.44	10.47	4.65	1.21	3.94
Fe_2O_3	2.22	5.73	2.57	2.92	0.85	2.34
Cr_2O_3	0	0.06	0.05	0	0	0.03
Tl_2O_3	0.07	0	0	0	0	0
NiO	0	0.02	0.03	0	0	0
CuO	0	0.03	0.07	0.06	0	0.25
ZnO	0	0.05	0.03	0	0	0.01
MnO	0.08	0.25	0.18	0.12	0	0.10
MgO	42.91	42.74	47.60	58.19	44.71	33.94
CaO	18.05	16.56	6.09	9.11	26.07	16.17
SrO	0.03	0.02	0	0	0.07	0.04
Na_2O	6.04	0.76	6.69	0.66	11.70	0.27
K_2O	1.30	0.57	0.40	0.36	0.39	0.20
P_2O_5	0.10	0.14	0.06	0.17	0	0.08
SO_3	0.13	0.16	0.64	0.17	1.21	0.07
Cl	19.98	4.17	20.20	12.08	10.26	0.10
Нормативно-минеральный состав, мол. % Normative and mineral composition, mol. %						
Карбонаты / Carbonates	72.72	63.44	66.24	84.24	62.23	25.51
Сульфаты / Sulphates	0.12	0.15	0.52	0.13	1.39	0.08
Галит / Halite	14.74	1.87	14.05	1.33	29.03	0.26
Силикаты / Silicates	12.28	34.34	19.12	16.10	7.35	74.02
Апатит / Apatite	0.14	0.20	0.07	0.20	0	0.13

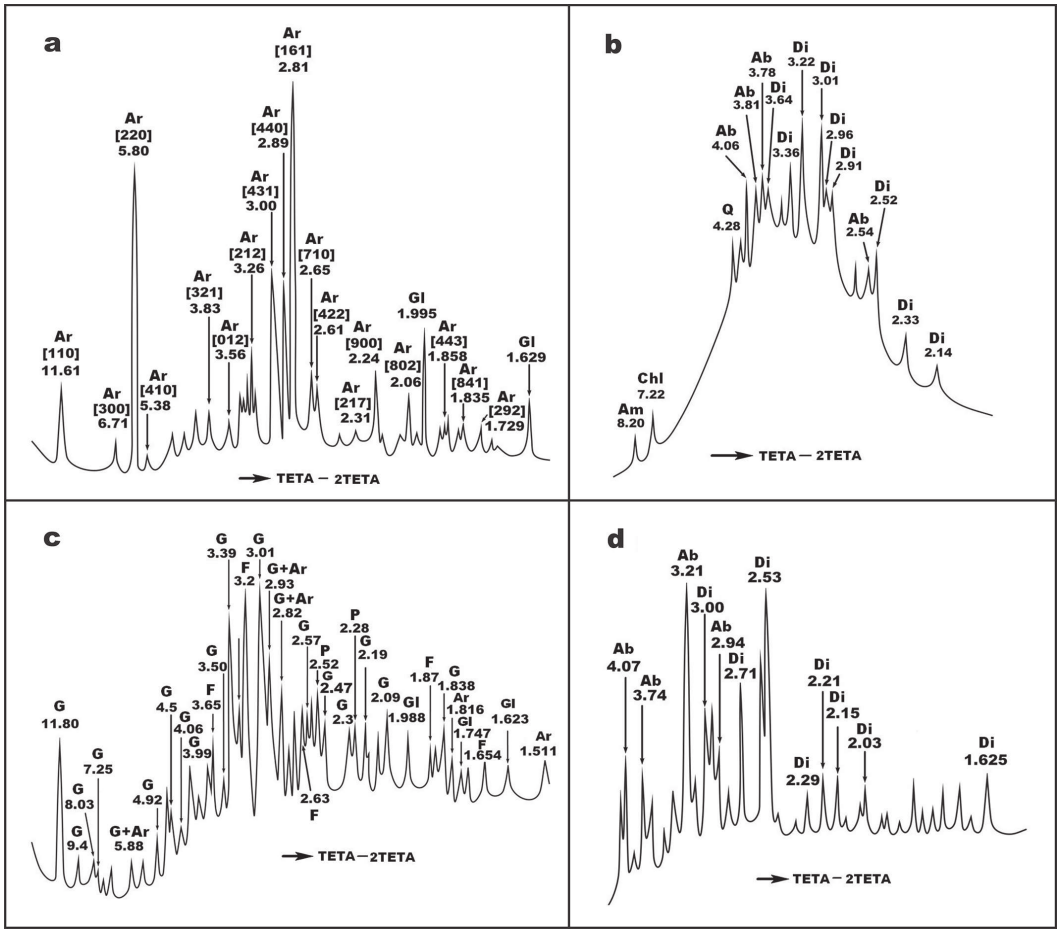


Рис. 3. Типичные рентгеновские дифрактограммы образцов Вер-1 (a, b) и Вер-2 (c, d). Минералы: Ar — хлорартинит, G — гиоргиозит, P — пирссонит, F — фатерит, Gl — галит, Di — диопсид, Ab — альбит-олигоклаз

Fig. 3. Typical X-ray diffraction patterns obtained from Ver-1 samples (a, b) and Ver-2 (c, d). Minerals: Ar — Chlorartinite, G — Giorgiositie, P — Pirssonite, F — Vaterite, Gl — Halite, Di — Diopside, Ab — Albite-oligoclase

Таблица 3. Изотопный состав углерода и кислорода в исследуемых и других карбонатных минерализациях
Table 3. The isotopic composition of carbon and oxygen in the studied and other carbonate mineralizations

№ образца / Sample №	$\delta^{13}C_{PDB}$, ‰	$\delta^{18}O_{SMOW}$, ‰
Вер-1 / Ver-1	–21.64	18.48
Вер-2 / Ver-2	–14.07	17.23
Вер-3 / Ver-3	–18.28	20.04
Вер-4 / Ver-4	–14.94	24.08
Вер-5 / Ver-5	–21.41	16.63
Среднее ± СКО (V, %) Average ± Standard deviation (V, %)	–18.07 ± 3.53 (19.5)	19.29 ± 2.98
Вторично-фумарольные лавопещерные сульфатные минерализации (Камчатка) Secondary Fumarole lavender-cave sulfate mineralization (Kamchatka)	–13.42 ± 7.26 (54)	20.18 ± 7.74 (38)
Натечные карбонатные минерализации в карстовых пещерах (Красноярский край) Carbonate mineralization in karst caves (Krasnoyarsk Territory)	–4.72 ± 4.16 (88)	22.09 ± 4.29 (19)
Карбонатные «шары» с Камбального вулканотермального поля Carbonate «balls» the Flounder volcano-thermal field	–3.81 ± 0.13 (3.4)	4.56 ± 1.15 (25.2)

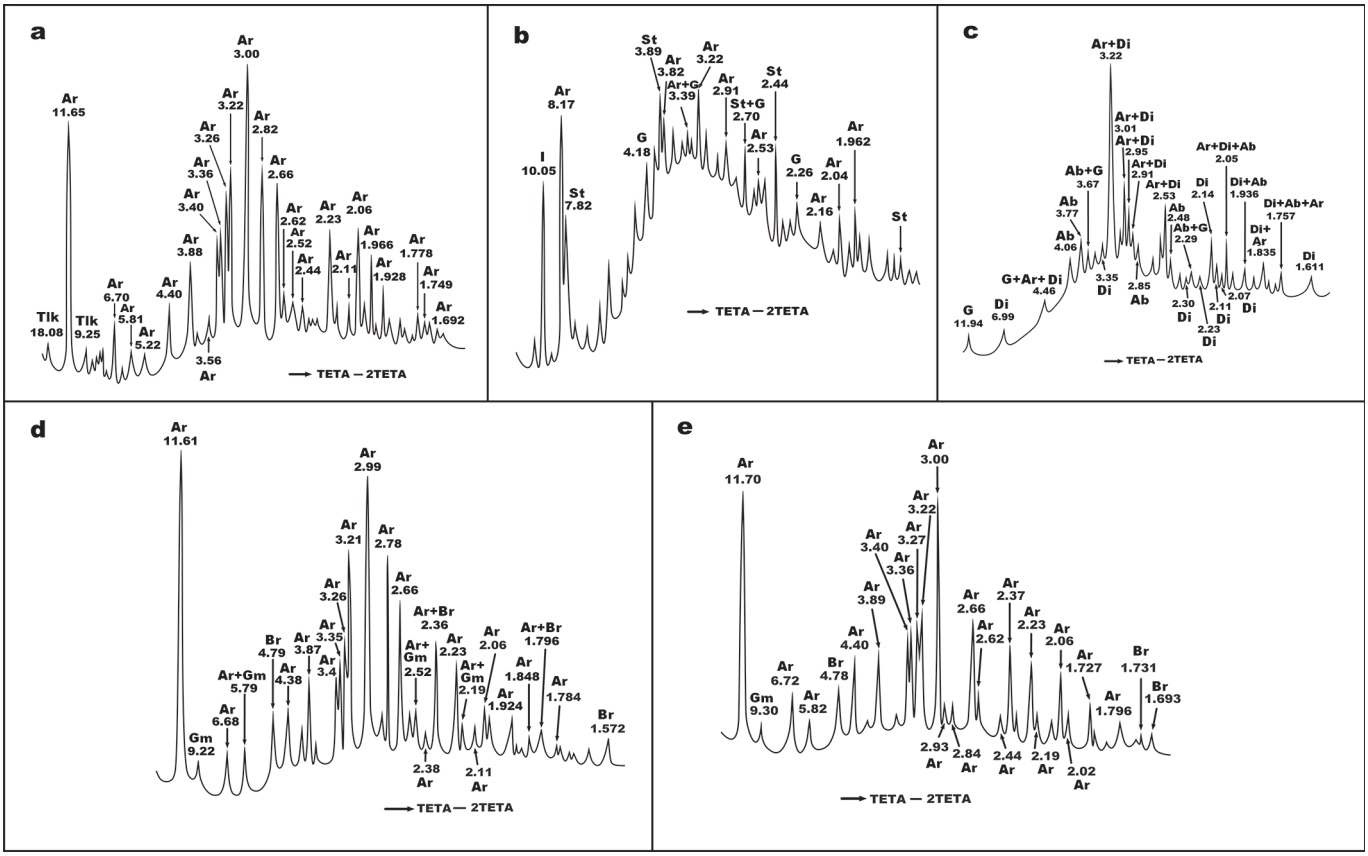


Рис. 4. Типичные рентгеновские дифрактограммы, полученные от образцов Вер-3 (a—c) и Вер-4 (d, e). Минералы: St — стихтит, Gm — гидромагнезит, Br — брусит, Tlc — тальк-пирофиллит, I — иллит
Fig. 4. Typical X-ray diffraction patterns obtained from Ver-3 (a–c) and Ver-4 (d, e) samples. Minerals: St — Stichtite, Gm — Hydromagnesite, Br — brucite, Tlc — talc-pyrophyllite, I — illite

го вещества, обнаруженного в одном из исследованных нами образцов. По кислороду фумарольные карбонаты сходны с морскими карбонатолитами. Такое изотопное противоречие может свидетельствовать о гетерогенности фумарольных минерализаций по источникам вещества. Последнее подтверждается фактом сдвига значений изотопных коэффициентов в сторону изотопного утяжеления сначала углерода — при переходе от фумарольных карбонатных минерализаций БТТИ к вторично-фумарольным лавопещерным сульфатным (афтиталит-тенардит-блёдитовым) минерализациям [7, 15], а затем сопряженно углерода и кислорода с переходом к натечным карбонатным минерализациям в карстовых пещерах [8]. Очевидно, что такой тренд обусловлен тенденцией увеличения степени контаминации фумарол коровым экзогенно-карбонатным веществом.

Наиболее древняя из исследованных нами карбонатных минерализаций — арагонитовая с Песчаных горок — характеризуется принципиально другими изотопно-геохимическими свойствами. В этом случае выявля-

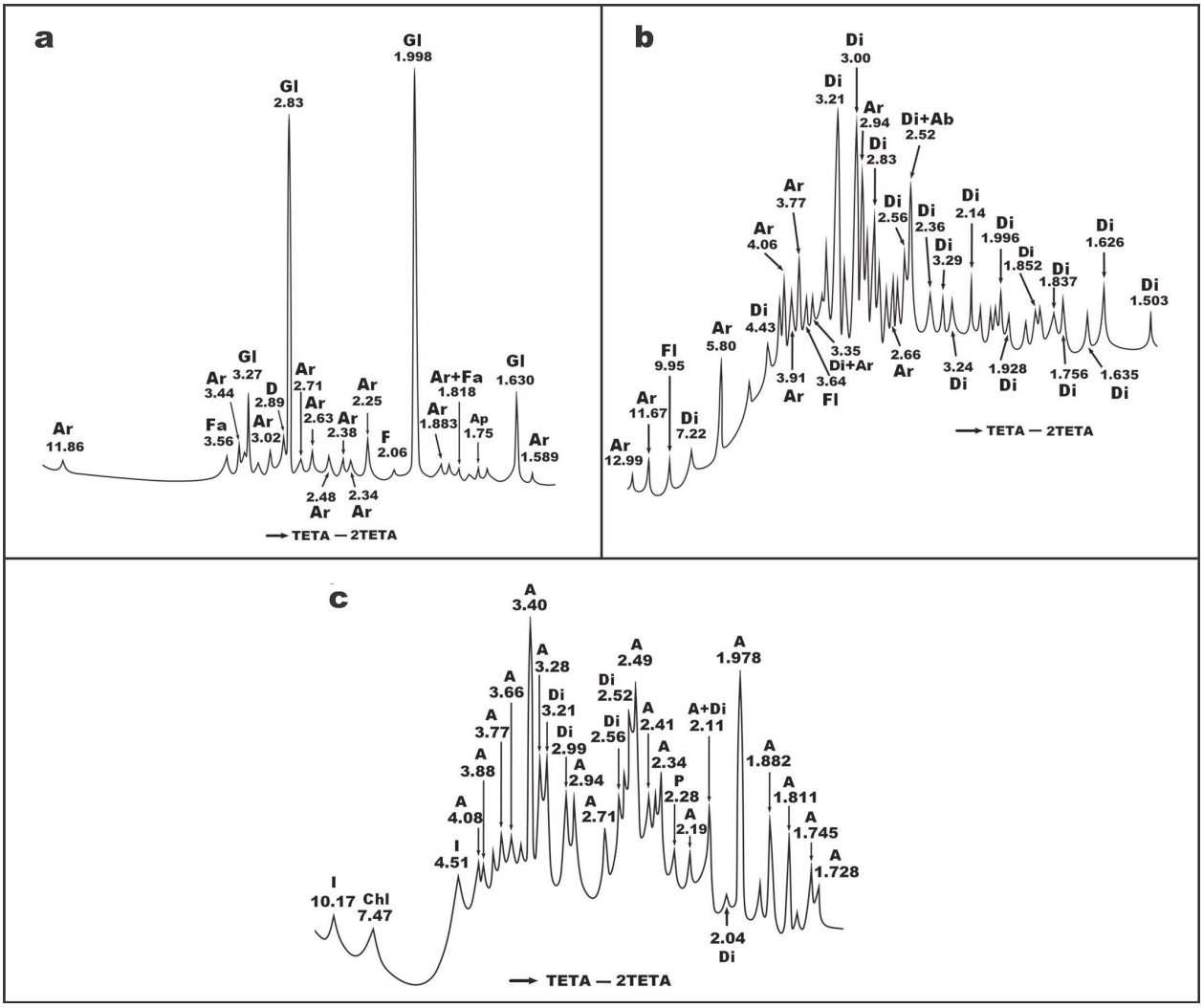


Рис. 5. Типичные рентгеновские дифрактограммы образцов Вер-5 (a, b) и Вер-6 (c). Минералы: A— арагонит, D — доломит, Fl — флогопит

Fig. 5. Typical X-ray diffraction patterns obtained from Ver-5 (a, b) and Ver-4 (c) samples. Minerals: A — Aragonite, D — Dolomite, Fl — Phlogopite

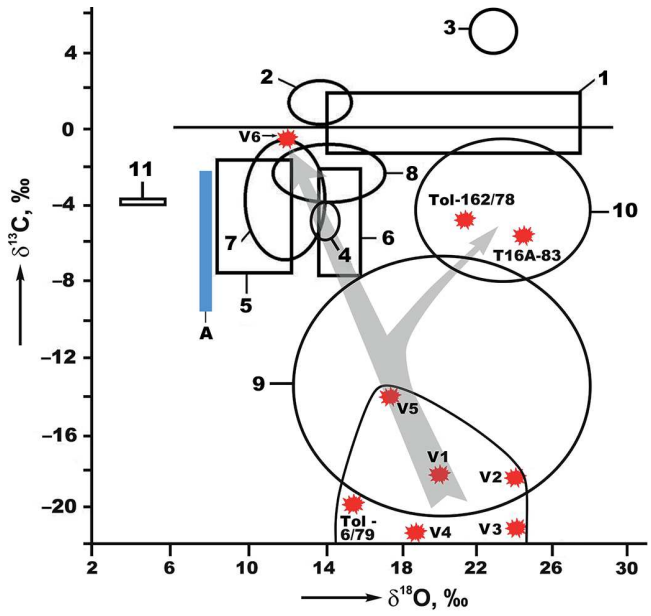


Рис. 6. Изотопно-геохимические свойства фумарольных карбонатных минерализаций (точки) на фоне важнейших геологических объектов экзогенного и эндогенного происхождения (поля). Точки: V1—V5, Tol-6/79, Tol-162/78 — карбонатные минерализации на конусах Северного прорыва БТТИ; V6 — карбонатная минерализация с древнего эруптивного центра Песчаные горки. Поля: 1, 2 — морские карбонатолиты соответственно фанерозойского и протерозойского возраста; 3, 4 — травертины соответственно арагонитового и кальцитового состава; 5 — мантийные и плутоногенные магматиты; 6 — плутоногенные гидротермалиты; 7, 8 — апобазитовые метасоматиты, соответственно лиственитты и березиты; 9 — вторично-фумарольные лавопещерные сульфатные минерализации; 10 — натёчные карбонатные минерализации в карстовых пещерах; 11 — карбонатные «шары» с Камбального вулканотермального поля. A — земная атмосфера. Стрелкой показан генеральный тренд изотопной изменчивости первичных фумарольных минерализаций

Fig. 6. Isotope-geochemical properties of fumarole carbonate mineralization's (points) against the background of the most important geological objects of exogenous and endogenous origin (fields). Points: V1—V5, Tol-6/79, Tol-162/78 — carbonate mineralization on the cones of the Northern breakthrough GFTE; V6 — carbonate mineralization from the Sand slides older eruptive center. Fields: 1, 2 — marine carbonatolites of the Phanerozoic and Proterozoic age, respectively; 3, 4 — travertine's of aragonite and calcite composition, respectively; 5 — mantle and plutonogenic magmatites; 6 — plutonogenic hydrothermalites; 7, 8 — apobasitic metasomatites, respectively, listvenites and berezites; 9 — secondary fumarole lavender-cave sulfate mineralization; 10 — carbonate mineralization in karst caves; 11 — carbonate «balls» from the flounder volcanic-thermal field. A — earthly atmosphere. The arrow shows the general trend of the isotope variability of primary fumarole mineralizations

ется сочетание аномально изотопно-тяжелого углерода и аномально изотопно-легкого кислорода, что свойственно карбонатам глубинного происхождения. В такой связи очень показательным является изотопный состав шарообразных арагонит-кальцитовых конкреций с Камбального термального поля на Камчатке [5], которые и по углероду, и по кислороду соответствуют непосредственно мантийным производным.

Литература

1. *Вергасова Л. П., Филатов С. К.* Новые минералы в продуктах фумарольной деятельности Большого трещинного Толбачинского извержения // Вулканология и сейсмология. 2012. № 5. С. 3—12.

2. *Вергасова Л. П., Филатов С. К.* Опыт изучения вулканогенно-эксгаляционной минерализации // Вулканология и сейсмология. 2016. № 2. С. 1—15.

3. *Вергасова Л. П., Карпов Г. А., Филатов С. К., Кривовичев С. В., Аникин Л. П., Философова Т. М., Москалёва С. В., Шаблинский А. П., Горелова Л. А., Житова Е. С., Белоусов А. Б., Белоусова М. Г., Савельев Д. П.* Об эксгаляционной минерализации лавовых потоков Трещинного Толбачинского извержения им. 50-летия ИВиС ДВО РАН // Материалы ежегодной конференции, посвящённой дню вулканолога 27—28 марта 2014 г., Петропавловск-Камчатский, 2014. С. 22—25.

4. *Вергасова Л. П., Филатов С. К., Серафимова Е. К., Сергеева С. В.* Хлорартинит $Mg_2(CO_3)ClOH{\cdot}3H_2O$ — новый минерал вулканических эксгаляций // Записки РМО. 1998. № 2. С. 55—59.

5. *Карпов Г. А.* Псевдошаровые агрегаты арагонита на современном термальном поле Камбального хребта (Камчатка) // Минералогия гидротермальных систем Камчатки и Курильских островов. М.: Наука, 1970. С. 157—165.

6. *Карпов Г. А., Силаев В. И., Аникин Л. П., Вергасова Л. П., Макеев Б. А.* Минералы из пеплов и эксгаляционных конденсатов алмазопродуктивных извержений вулканов Ключевской группы на Камчатке // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения—2016). Сыктывкар: Геопринт, 2016. С. 36—38.

7. *Назарова М. А., Тарасов К. В.* Минералого-геохимические особенности вещества сталактитоподобных образований из лавовых пещер ТТИ 2012—2013 гг. // Исследования в области наук о Земле: Материалы XIII регион. молодеж. науч. конф. Петропавловск-Камчатский, 2015. С. 49—57.

8. *Сазонов А. М., Цыкин Р. А., Ананьев С. А., Перфилова О. Ю., Махлаев М. Л., Сосновская О. В.* Путеводитель по геологическим маршрутам в окрестностях г. Красноярска. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2010. 212 с.

9. *Серафимова Е. К.* Карбонаты в постэруптивном процессе на вулканах Камчатки // Вулканология и сейсмология. 2000. № 6. С. 32—43.

10. *Серафимова Е. К., Вергасова Л. П., Зиборова Т. А.* Образование карбонатов на фумарольных полях Большого трещинного Толбачинского извержения // Вулканология и сейсмология. 1986. № 2. С. 46—59.

11. *Серафимова Е. К., Вергасова Л. П.* К вопросу об образовании гидромагнезита на лавовых потоках Большого трещинного Толбачинского извержения (БТТИ) // Доклады АН СССР, 1981. Т. 259, № 3. С. 680—683.

12. *Серафимова Е. К., Пономарев В. В., Игнатович Ю. А., Перетолчина Н. А.* Минералогия возгонов Северного прорыва Большого трещинного Толбачинского извержения // Бюл. вулканол. станций. 1979. № 56. С. 162—178.

13. *Силаев В. И., Аникин Л. П., Вергасова Л. П., Васильев Е. А., Мартиросян О. В., Смолева И. В., Чубаров В. М., Петровский В. А.* Абиогенные органические полимеры в продуктах современного вулканизма // Вестник Пермского университета. Геология, 2016. Вып. 3. С. 21—33.

14. *Силаев В. И., Чайковский И. И., Митюшева Т. П., Хазов А. Ф.* Современные карбонатные минерализации на испарительных и седиментационно-диагенетических изотопно-геохимических барьерах. Сыктывкар: Геопринт, 2008. 68 с.

15. *Тарасов К. В., Назарова М. А.* Вещественный состав пещерных натечных новообразований трещинного Толбачинского извержения 2012—2013 гг. // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Материалы 27-й науч. конф. Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2018. С. 49—57.

16. *Хазов А. Ф., Вергасова Л. П., Симакова Ю. С., Смолева И. В., Силаев В. И.* Химическая и изотопно-геохимическая характеристика карбонатных минерализаций на примере БТТИ (Камчатка) // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения—2018). Сыктывкар: Геопринт, 2018. С. 64—66.

References

1. Vergasova L. P., Filatov S. K. *Novye mineraly v produktakh fumarol'noy deyatel'nosti Bol'shogo treshchinnogo Tolbachinskogo izverzheniya* (New minerals in fumarol products of Great Fracture Tolbachik eruption). Vulkanologiya i seysmologiya, 2012, No. 5, pp. 3—12.

2. Vergasova L. P., Filatov S. K. *Opyt izucheniya vulkanogenno-eksgalyatsionnoy mineralizatsii* (The experience of studying volcanic-exhalation mineralization). Vulkanologiya i seysmologiya, 2016, No. 2, pp. 1—15.

3. Vergasova L. P., Karpov G. A., Filatov S. K., Krivovichev S. V., Anikin L. P., Filosofova T. M., Moskalova S. V., Shablinskiy A. P., Gorelova L. A., Zhitova Ye. S., Belousov A. B., Belousova M. G., Savel'yev D. P. *Ob eksgalyatsionnoy mineralizatsii lavovykh potokov Treshchinnogo Tolbachinskogo izverzheniya im. 50-letiya IViS DVO RAN* (On the exhalation mineralization of the lava flows of the Tolbachinsky Fracture eruption named after 50th anniversary of the Institute of Internal Affairs and the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences). Proceedings of conference, Petropavlovsk-Kamchatskiy, 2014, pp. 22—25.

4. Vergasova L. P., Filatov S. K., Serafimova Ye. K., Sergeeva S. V. *Khlorartinit $Mg_2(CO_3)ClOH{\cdot}3H_2O$ — novyy mineral vulkanicheskikh eksgalyatsiy* (Chlorartinite $Mg_2(CO_3)ClOH{\cdot}3H_2O$ — the new mineral from exhalations of the great fissure Tolbachik eruption). Zapiski RMO (Proceedings of the Russian Mineralogical Society), 1998. No. 2. pp. 55—59.

5. Karpov G. A. *Psevdosharovyye agregaty aragonita na sovremennom termal'nom pole Kambal'nogo khrebta (Kamchatka)* (Pseudo-ball aggregates of aragonite in the modern thermal field of the Kambalny ridge (Kamchatka)). *Mineralogiya gidrotermal'nykh sistem Kamchatki i Kuril'skikh ostrovov* (Mineralogy of hydrothermal systems of Kamchatka and the Kuril Islands). Moscow: Nauka, 1970, pp. 157—165.

6. Karpov G. A., Silayev V. I., Anikin L. P., Vergasova L. P., Makeyev B. A. *Mineraly iz peplov i eksgalyatsionnykh kondensatov almazoproduktivnykh izverzheniy vulkanov klyuchevskoy gruppy na Kamchatke* (Minerals from ashes and exhalation condensates of diamond-productive eruptions of volcanoes of the Klyuchevskaya group in Kamchatka). *Sovremennyye problemy teoreticheskoy, eksperimental'noy i prikladnoy mineralogii (Yushkinskiye chteniya-2016)* (Modern problems of the theoretical, experimental

and applied mineralogy (Yushkin Readings-2016)). Syktyvkar: Geoprint, 2016, pp. 36—38.

7. Nazarova M. A., Tarasov K. V. *Mineralogo-geokhimicheskiye osobennosti veshchestva stalaktitopodobnykh obrazovaniy iz lavovykh peshcher TTI 2012—2013 gg.* (Mineralogical and chemical characteristics of the substance of stalactite-like formations from the TFE lava caves 2012—2013). Proceedings of conference. Petropavlovsk-Kamchatskiy, 2015, pp. 49—57.

8. Sazonov A. M., Tsykin R. A., Anan'yev S. A., Perfilova O. Yu., Makhlayev M. L., Sosnovskaya O. V. *Putevoditel' pogeologicheskim marshrutam v okrestnostyakh g. Krasnoyarska* (Guide to the geological routes in the vicinity of Krasnoyarsk). Krasnoyarsk: Siberian University, 2010, 212 p.

9. Serafimova Ye. K. *Karbonaty v posteruptivnom protsesse na vulkanakh Kamchatki* (Carbonates in the post-eruptive process on the volcanoes of Kamchatka). Vulkanologiya i seysmologiya, 2000, No. 6, pp. 32—43.

10. Serafimova Ye. K., Vergasova L. P., Ziborova T. A. *Obrazovaniye karbonatov na fumarol'nykh polyakh Bol'shogo treshchinnogo Tolbachinskogo izverzheniya* (The formation of carbonates in the fumarole fields of the Great Fractured Tolbachik eruption). Vulkanologiya i seysmologiya, 1986, No. 2, pp. 46—59.

11. Serafimova Ye. K., Vergasova L. P. *K voprosu ob obrazovanii gidromagnezita na lavovykh potokakh Bol'shogo treshchinnogo Tolbachinskogo izverzheniya (BTTI)* (On the formation of hydromagnesite on the lava flows of the Great Fracture Tolbachinsky eruption (GFTE)). Doklady AN SSSR, 1981, V. 259, No. 3, pp. 680—683.

12. Serafimova Ye. K., Ponomarev V. V., Ignatovich Yu. A., Peretolchina N. A. *Mineralogiya vozgonov Severnogo proryva Bol'shogo treshchinnogo Tolbachinskogo izverzheniya* (Mineralogy of sublimates of the Northern breakthrough of the Great Fracture Tolbachinsky eruption). *Byul. vulkanol. stantsiy*, Moscow: Nauka, 1979, No. 56, pp. 162—178.

13. Silayev V. I., Anikin L. P., Vergasova L. P., Vasilyev Ye. A., Martirosyan O. V., Smoleva I. V., Chubarov V. M., Petrovskiy V. A. *Abiogennyye organicheskiye polimery v produktakh sovremennogo vulkanizma* (Abiogenic organic polymers in the products of modern volcanism). Vestnik Permskogo universiteta, Geologiya, 2016, V. 3, pp. 21—33.

14. Silayev V. I., Chaykovskiy I. I., Mityusheva T. P., Khazov A. F. *Sovremennye karbonatnye mineralizatsii na isparitel'nykh i sedimentatsionno-diageneticheskikh izotopno-geokhimicheskikh bar'yerakh* (Modern carbonate mineralization at evaporative and sedimentation-diagenetic isotope-geochemical barriers). Syktyvkar: Geoprint, 2008, 68 p.

15. Tarasov K. V., Nazarova M. A. *Veshchestvennyy sostav peshchernykh natechnykh novoobrazovaniy treshchinnogo tolbachinskogo izverzheniya 2012—2013 gg.* (The material composition of cave leaky neoplasms of the fissured Tolbachinsky eruption 2012-2013). *Struktura, veshchestvo, istoriya litosfery Timano-Severoural'skogo segmenta: Materialy 27-y nauchnoy konferentsii Instituta geologii Komi SC UrO RAN* (Structure, substance, history of the lithosphere of the Timan-Northern Ural segment: Materials of the 27th scientific conference of the Institute of Geology of the Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences). Syktyvkar, 2018, pp. 49—57.

16. Khazov A. F., Vergasova L. P., Simakova Yu. S., Smoleva I. V., Silayev V. I. *Khimicheskaya i izotopno-geokhimicheskaya kharakteristika karbonatnykh mineralizatsiy na primere BTTI (Kamchatka)* (Chemical and isotope-geochemical characteristics of carbonate mineralizations using the example of GFTE (Kamchatka)). *Sovremennyye problemy teoreticheskoy, eksperimentalnoy i prikladnoy mineralogii (Yushkinskiye chteniya-2018)* (Modern problems of theoretical , experimental and applied mineralogy (Yushkin Readings-2018)). Syktyvkar: Geoprint, 2018, pp. 64—66.

УДК 563.3:550.7(234.851) DOI: 10.19110/2221-1381-2019-12-20-24

ПАРАЛЛЕЛИЗМЫ И ГОМОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СРЕДИ ТАБУЛЯТ

В. Ю. Лукин

Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

lukin@geo.komisc.ru

В статье рассмотрены примеры сходства близкородственных, но различных по филогенетической принадлежности групп организмов на примере кораллов Tabulata. Также дан обзор истории исследований, касающийся анализа проблем параллелизма и гомеоморфии среди табулятоморфных кораллов.

Ключевые слова: *табуляты, гомологическая изменчивость, параллелизм, эволюция.*

PARALLELISMS AND HOMOLOGICAL VARIABILITY AMONG TABULATA

V. Yu. Lukin

Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar

The article considers examples of similarity of representatives of different lineages of organisms. Tabulata corals are taken as an example. Historical overview of the studies devoted to problems of parallelism and homeomorphy among the tabulatamorphic corals is provided.

Keywords: *tabulates, homological variability, parallelism, evolution.*

Введение

Процесс видообразования продолжается в течение всей истории развития Земли и эволюции живых организмов. Специфических механизмов и факторов филогенеза не существует, однако при его изучении используются в основном описательные методы палеонтологии, биогеографии и морфогенетики. Общие признаки в различных эволюционных группах организмов могут являться результатом гомологичного мутирования (параллелизм) или возникают на основе конвергенции. Определенную, а в ряде случаев значительную роль в проявлении сходных признаков в морфологии кораллов играет характер среды обитания [2].

Методы исследования

Объемы устанавливаемых видовых и надвидовых подразделений табулят, их систематика и филогенетические взаимоотношения далеки от совершенства и во многом субъективны в силу специфики палеонтологического материала. Все это зависит от исходного материала, на котором устанавливаются таксоны, от методов изучения и от самого исследователя, который принимает ту или иную концепцию вида. Применение методов, основанных на эволюционных факторах формирования животного мира, позволяет совершенствовать существующую систематику и филогенетику табулят. Одна из основных причин ошибочных представлений как в систематике, так и в филогенетических реконструкциях конкретных групп — это явление гомеоморфии. Последняя рассматривается здесь как результат параллельного развития морфологически сходных форм систематически необязательно родственных групп, тесно связанная с конвергенцией, а параллелизм — как результат гомологичного мутирования или изменчивости близких видов.

История исследований

Представители трех классов ныне живущих кишечнополостных (тип Coelenterata, или Cnidaria) существуют с раннего палеозоя (ордовика), но эволюционные отношения среди них были и остаются предметом больших дискуссий. Класс Anthozoa (коралловые полипы), к которому относятся широко распространенные в палеозое табуляты и ругозы, считается наиболее многочисленной и одной из самых изученных групп. Однако вопросы, связанные с их происхождением, систематическим положением и генетическими отношениями между таксонами разного ранга, до сих пор являются в большинстве своем нерешенными.

История исследования табулят насчитывает более 200 лет. На первых этапах изучения Tabulata не выделялись в самостоятельную филогенетическую единицу. Их систематика основывалась на методе формального морфологического сравнения с представителями других групп кораллов, что приводило к ошибочному определению объема группы и ее места в систематике Anthozoa. Эти исследования часто не учитывали такие эволюционные явления, как гомеоморфию и конвергенцию. Ярким примером является объединение Сардесоном [19] Tabulata и Alcyonaria на основе сравнения внешне похожих табулят *Syringopora* и современных альционарий *Tubipora*, которые принципиально отличаются по типу и происхождению скелета. Впоследствии в работах Лекомта [3, 18] и других исследователей табуляты рассматривались в качестве самостоятельного подкласса Anthozoa. Самыми крупными обобщениями по систематике табулят в отечественной литературе до последнего времени остаются работы Б. С. Соколова [10–12]. В этих основополагающих трудах вся система Tabulata построена на методе сравнительно-морфологических наблюдений внутри группы, что позволяет видеть филогенетические связи, эволюционную направленность и учитывать биотические и абиотические факторы, влияющие на их изменчивость.

Проявления конвергенции и гомологии в строении некоторых групп табулят отмечены в разное время многими палеонтологами [5, 8, 9, 13–16, 20 и др.], но исследования этих вопросов в целом носят фрагментарный характер. В этих работах на основе детальных фи логенетических исследований и с позиций системно-структурного анализа наиболее изученных групп табулят сделаны выводы о том, что параллельное развитие в разной степени проявляется в каждом их морфологическом признаке.

Основные результаты

В качестве примера ниже рассмотрены широко представленные и хорошо изученные в регионе (север западного склона Урала, поднятие Чернова) табуляты из отряда Syringoporida, которые обладают наиболее отчетливыми комплексами признаков. Характерной их особенностью является кустистый (фасцелоидный) тип полипняка, образованный цилиндрическими или цилиндропризматическими кораллитами, которые соединены между собой горизонтальными цилиндрическими трубками или пластинами, реже порами.

Различия между всеми таксонами сирингопорид зависят от пространственной упаковки кораллитов и соединительных трубочек. Ярким примером возникновения в разные периоды времени сходных по внешнему облику и строению колоний являются тетрапореллиды. Они характеризуются равномерной плотной упаковкой кораллитов со строгой вертикальной ориентировкой соединительных трубок, что приводит к образованию тетрагональной формы кораллитов. Эти морфологические особенности были характерны для тетраппорелид в среднем ордовике, силуре, девоне и карбоне (роды *Tetraporella* Sokolov (O_2–S_1), *Arcturia* Wilson (O_2), *Tetraporinus* Sokolov (S_3–C_1), *Hayasakaia* Lang, Smith get T. (C_2–P_1) (рис. 1). Виды рода *Tetraporinus* немногочисленны и имеют весьма ограниченный ареал. Они известны пока лишь в нижнем карбоне Китая и встречены в силурийских и нижнекаменноугольных отложениях арктических областей России [10, с. 239]. В девонских отложениях представители этого рода описаны недавно [7]. Случаи приобретения таких же морфологических особенностей (равномерная плотная упаковка кораллитов с вертикальной ориентировкой соединительных трубок) представителями других групп сирингопорид довольно широко известны. Виды родов *Troedssonites* Sokolov и *Syringoporinus* Sokolov теряют округлость и обретают тетрагональные очертания кораллитов, когда соединительные трубки вертикально ориентированы.

Интересные сведения, касающиеся оригинального рода *Armalites*, можно встретить во многих монографических работах. И. И. Чудинова [13], впервые описавшая род из девонских отложений Кузбасса, основываясь на астогенетических исследованиях колоний, отнесла их к сирингопоридам (семейство Syringoporidae отряда Syringoporida). В. Н. Дубатолов [4] придерживается другой точки зрения и вместе с *Syringolites*, *Roemerolites* и *Roemeriopora* включает этот род в состав семейства Syringolitidae отряда Favositida. Род *Armalites* имеет кустистый тип колонии, цилиндрические кораллиты, воронковидные днища и соединительные трубки. В некоторых случаях наблюдаются участки колонии, где кораллиты близко расположены друг к другу, иногда соприкасают-

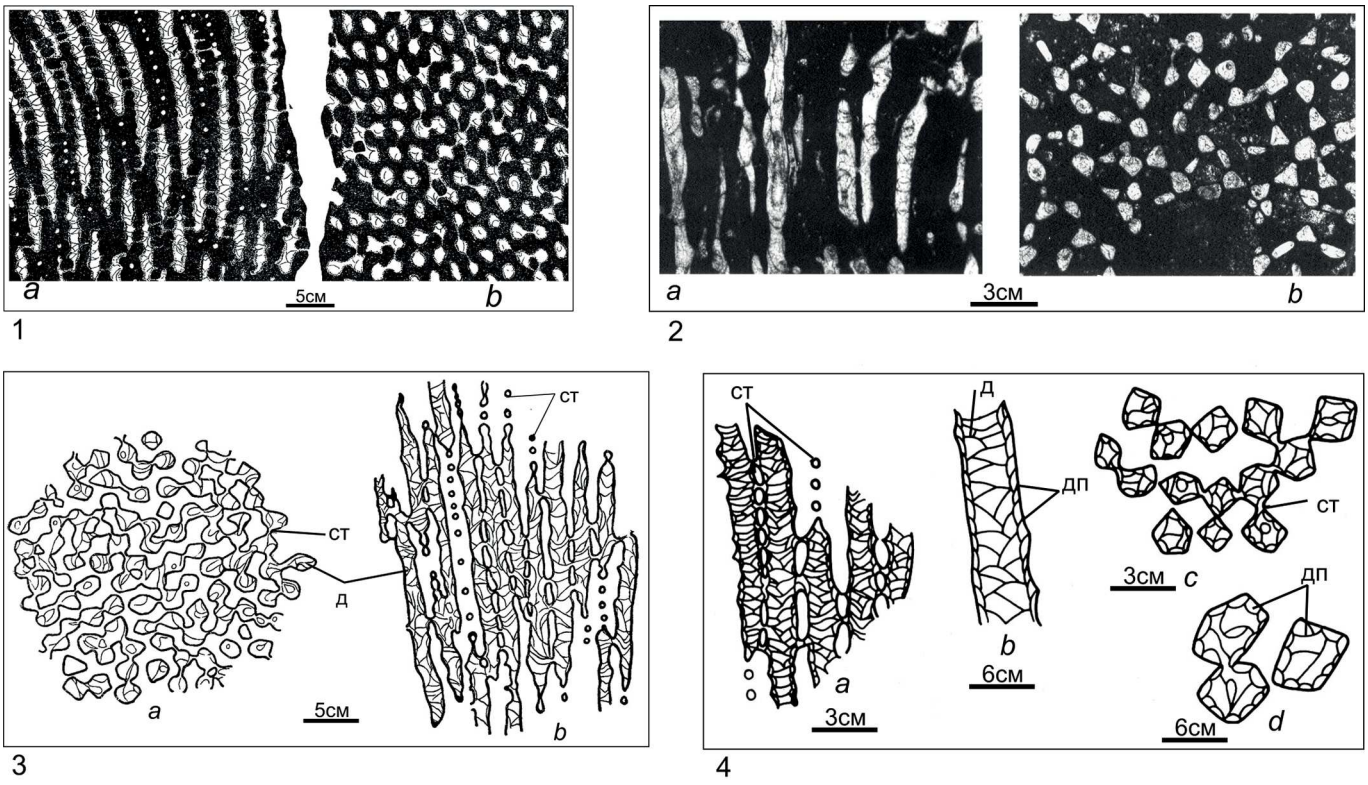


Рис. 1. Примеры параллельного развития табулят семейства Tetraporellidae. 1 — *Tetraporinus wittenburgi* Sokolov; силур о. Вайгач: *a* – продольное сечение, *b* — поперечное сечение (фото Б. С. Соколова, 1955); 2 — *Tetraporinus syvjuensis* Lukin, средний девон Приполярного Урала: *a* – продольное сечение, *b* — поперечное сечение; 3 — *Tetraporinus singularis* Sokolov, нижний карбон Таймыра: *a* — поперечное сечение, *b* — продольное сечение (по Б. С. Соколову, 1947); 4 — *Hayasakaia elegantula* (Yabe et Hayasaka), нижняя пермь Китая: *a* — поперечное сечение, *b* — то же, отдельный кораллит; *c, d* — продольное сечение (по Б. С. Соколову, 1955); ст — соединительные трубки, д — днища, дп — диссипименты

Fig. 1. Examples of parallel development of tabulates of Tetraporellidae family. 1 — *Tetraporinus wittenburgi* Sokolov; Silurian of Vaigach Island: a — longitudinal section, b — cross section (photo by B. S. Sokolov, 1955); 2 — *Tetraporinus syvjuensis* Lukin, Middle Devonian of the Subpolar Urals: a — longitudinal section, b — cross section; 3 — *Tetraporinus singularis* Sokolov, Lower Carboniferous of Taimyr: a — cross section, b — longitudinal section (according to B. S. Sokolov, 1947); 4 — *Hayasakaia elegantula* (Yabe et Hayasaka), Lower Permian of China: *a* — cross section, *b* — the same, separate corallite; *c, d* — longitudinal section (according to B. S. Sokolov, 1955); ст — connecting tubes, д — bottoms, дп — dissipiments

ся, обретают округло-полигональное поперечное сечение и где кроме соединительных трубок развиты стенные поры. Именно такими признаками они схожи с фавозитидами, которые характеризуются полигональными кораллитами с хорошо развитыми порами и горизонтальными, реже воронковидными, днищами. Эти конвергентные (или гомеоморфные) признаки послужили для В. Н. Дубатолова основанием отнести *Armalites* к фавозитидам. Напротив, Б. В. Преображенский [8] отмечает, что различия между *Syringolites*, *Roemerolites*, *Roemeriopora* и всеми сирингопоридами зависят от пространственной упаковки кораллитов и соединительных трубок, они образуют нормальный полиморфический ряд, построенный по единому закону, и должны рассматриваться в отряде Syringoporida. Однако И. И. Чудинова полагает, что роды семейства Roemeriidae (отряд Favositida) имеют конвергентное сходство с сирингопоридами, которое проявляется лишь на геронтической стадии астогенеза колоний. Тем временем Хилл [17] все перечисленные выше таксоны фавозитид и сирингопорид рассматривает в составе одного отряда Auloporida, где также не принимаются во внимание явления гомеоморфии и конвергентного сходства разного уровня таксономических признаков (рис. 2). Еще один пример сходства сирингопорид и аулопорид можно наблюдать в венлоке поднятия Чернова. Впервые вид *Syringoporinus aseptata* был описан В. Ф. Барской [1] из коллекции табулят, собранных Г. А. Черновым в 1961 г. на руч. Безымянном (поднятие Чернова). По строению полипняка, форме кораллитов и сирингопороидному типу днищ она отнесла его к роду *Syringoporinus* в составе семейства Syringoporidae отряда Syringoporida. При этом она отметила: «Соединительные трубки настолько редкие, что изучить их не удалось» [1]. Как было указано выше, сирингопориды обладают рядом характерных черт: кустистой формой колонии, цилиндрическими, большей частью не соприкасающимися кораллитами, а также соединительными образованиями, имеющими вид трубок или пластин, и преимущественно воронкообразными днищами с осевыми каналами или без них. По типу соединительных образований сирингопориды четко отличаются от других отрядов табулят, у которых в основном развиты соединительные поры.

В 2010 г. при детальном изучении разреза Безымянного особое внимание нами было уделено пласту известняка, заключающему многочисленные остатки табулят, отнесенных к виду *Syringoporinus aseptata* (рис. 3). В результате было установлено, что представители этого вида не образуют типичных полипняков, а встречаются в виде скоплений многочисленных трубчатых кораллитов, несколько увеличивающихся в диаметре по мере их роста. Они переплетаются между собой, разветвляются, часто обрастают развитые здесь же колонии строматопороидей и табулят. На некоторых участках они плотно прилегают друг к другу и ориентированы вертикально, однако никакие соединительные образования между кораллитами не обнаруживаются. В некоторых случаях наблюдается врастание кораллитов в ценостеумы строматопороидей.

Сирингопороидный облик кораллитов, отсутствие соединительных образований и наличие воронкообразных днищ с осевым каналом, пересеченным горизонтальными диафрагмами, сближают обсуждаемый вид с родом *Aulocystella* из отряда Auloporida, а отличают от него лишь частое боковое почкование и отсутствие септальных образований. Сомнение в принадлежности остатков данного вида к роду *Syringoporinus* выражала в свое время И. И. Чудинова [14].

На основе приведенных выше данных было предложено сохранить видовое название исследованного таксона, но по такому важному признаку, как отсутствие соединительных образований, отнести его к роду *Aulocystella*, принадлежащему к семейству Aulocystidae отряда Auloporida [6].

Выводы

Приведенные примеры хорошо показывают, что морфологические признаки табулят взаимно подчинены друг другу и должны учитываться при отнесении тех или иных структурных особенностей к рангам видового, родового, семейственного или отрядного уровней. Приведенные в работе результаты исследований явлений параллелизма и гомеоморфии в эволюции кораллов, как и весь мировой опыт палеонтологии, свидетельствуют о широком распространении этих процессов в эволюции биоты в целом.

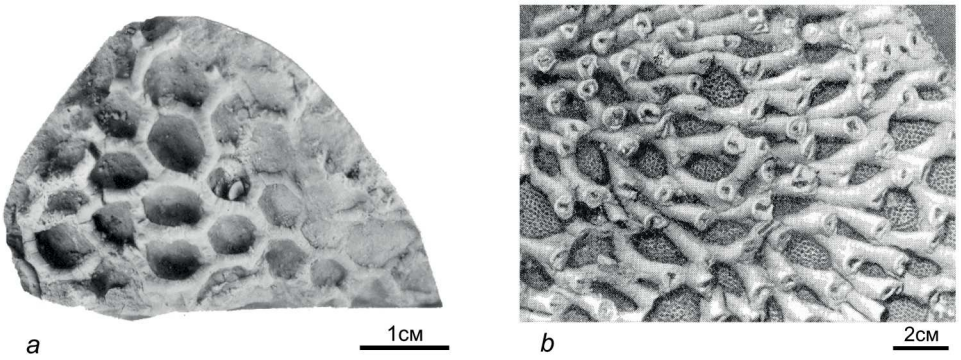


Рис. 2. Конвергентное сходство сирингопорид и аулопорид: *a* — *Syringopora fragilis* Sokolov; верхний девон Тимана; начальная стадия роста колонии — базальная сетка, очень напоминает колонию Aulopora. Кораллиты поднимаются от сетки вертикально и в отличие от аулопор имеют соединительные трубки. Вид снизу; *b* — *Aulopora cyclostoma* Sokolov, верхний карбон Подмосковья; неправильно-сетчатая колония (фото Б. С. Соколова, 1955)

Fig. 2. The convergent similarity of syringoporides and auloporides. a — *Syringopora fragilis* Sokolov; Upper Devonian of Timan; the initial stage of colony growth — basal network, very similar to the Aulopora colony. Corallites rise vertically from the grid and, unlike aulopores, have connecting tubes. Bottom view; *b* — *Aulopora cyclostoma* Sokolov, Upper Carboniferous of the Moscow Region; irregular reticular colony (photo by B. S. Sokolov, 1955)

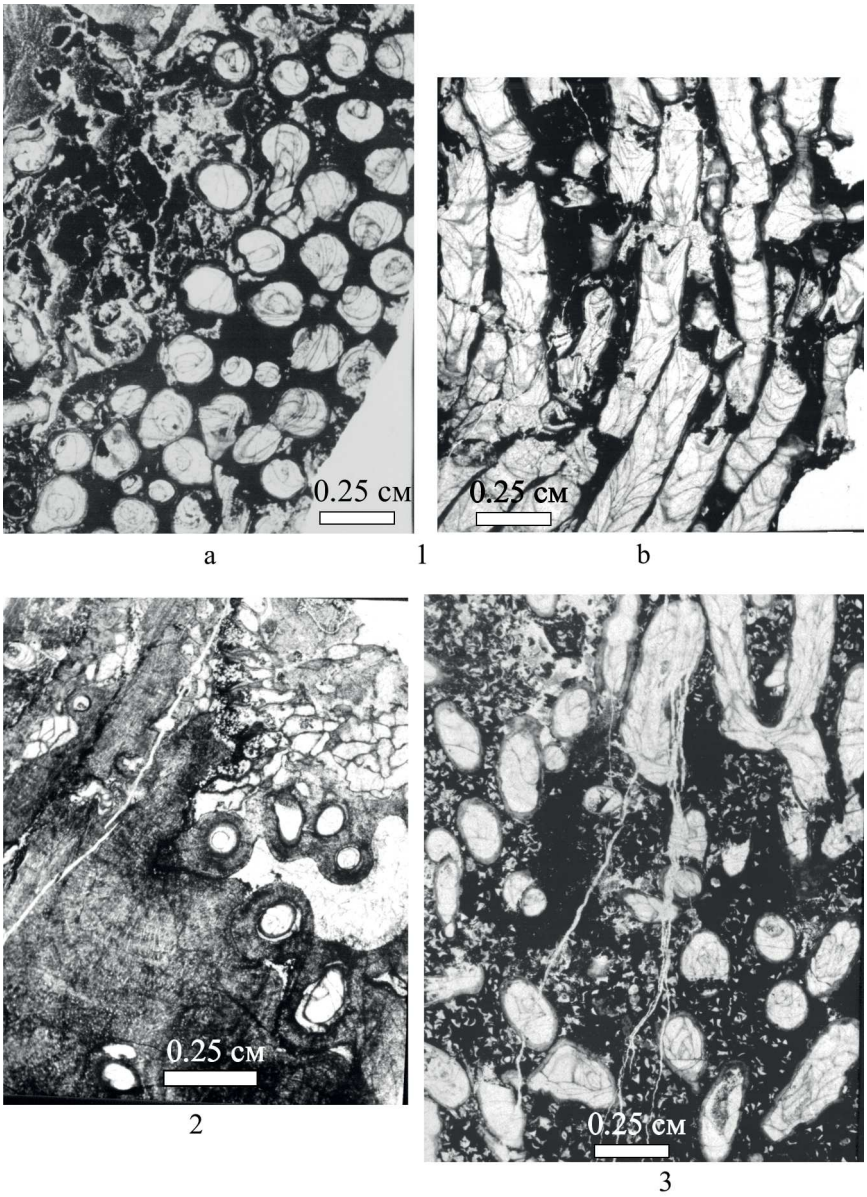


Рис. 3. *Aulocystella aseptata* (Barskaja, 1967); поднятие Чернова, р. Падимейтывис, руч. Безымянный; нижний силур, венлокский ярус: 1 — продольное (*a*) и поперечное (*b*) сечения колонии, обр. 147; 2 — вросшие в ценостеум строматопороидей кораллиты, поперечное сечение, обр. 148; 3 — боковое ответвление от материнского кораллита в верхнем правом углу снимка, обр. 149

Fig. 3. *Aulocystella aseptata* (Barskaja, 1967); Chernov uplift, Padimeytyvis River, Bezymyanny Brook; Lower Silurian, Wenlockian: 1 — longitudinal (*a*) and transverse (*b*) section of the colony, sample 147; 2 — corallites, stratomatoporoid, ingrown into the cenosteum, cross section, sample 148; 3 — lateral branch from the maternal corallite in the upper right corner of the image, sample 149

Литература

1. *Барская В. Ф.* Силурийские сирингопориды с поднятия Чернова (северо-восточная часть Большеземельской тундры): Геолого-геохимический сборник // Ученые записки НИИГА. 1967. № 262. С. 126–135.

2. *Воробьева Э. И.* Морфофункциональный подход в палеонтологии // Палеонтол. журнал. 2007. № 4. С. 3–15.

3. Догель В. А. Зоология беспозвоночных. М.: Советская наука, 1947.

4. *Дубатолов В. Н.* Позднесилурийские и девонские табуляты, гелиолитиды и хететиды Кузнецкого бассейна. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 194 с.

5. *Лелешус В. Л.* Параллелизм в эволюции табулят // Доклады АН ТаджССР. 1972. Т. XV. № 1. С. 42–45.

6. *Лукин В. Ю.* Систематическое положение вида *Syringoporinus aseptata* из силурийских отложений поднятия Чернова // Сыктывкарский палеонтологический сборник № 7. Сыктывкар, 2014. С. 25–30.

7. *Лукин В. Ю.* Новые виды сирингопорид из эйфельских отложений Приполярного Урала // Палеонтологический журнал. 2006. № 4. С. 20–24.

8. *Преображенский Б. В.* Морфология и палеоэкология табулятоморфных кораллов. М.: Наука, 1982. 157 с.

9. *Соколов Б. С.* Новые сирингопориды Таймыра // Бюл. МОИП. Отд. геологии, 1947. Т. XXII (6). С. 19–28.

10. *Соколов Б. С.* Подкласс Tabulata. Табуляты // Основы палеонтологии: губки археоциаты, кишечнополостные, черви. М.: Изд-во АН СССР, 1962. С. 192–265.

11. *Соколов Б. С.* Систематика и история развития палеозойских кораллов Anthozoa Tabulata // Вопросы палеонтологии. Л.: Изд-во ЛГУ, 1950. Т. I.

12. *Соколов Б. С.* Табуляты палеозоя европейской части СССР. Введение. Л.–М.: Гостоптехиздат, 1955. 527 с.

13. *Тесаков Ю. И.* Табуляты. Популяционный, биоценотический и биостратиграфический анализ. М.: Наука, 1978. 260 с.

14. *Чудинова И. И.* Состав, система и филогения ископаемых кораллов. Отряд сирингопорида. М., 1986. 205 с. (Тр. ПИНа АН СССР. Т. 216).

15. *Янет Ф. Е.* Параллелизм в развитии силурийских и девонских табулят Урала // Древние Cnidaria. Новосибирск: Наука, 1974. Т. I. С. 122–127.

16. *Coates A. G., Oliver W.A.* Coloniality in Zoantharian Corals // Animal Colonies. 1973 by Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., Stroudsburg, Pa. P. 3–27.

17. *Hill D.* Tabulata // Treatise on invertebrate paleontology. Geol. Soc. Amer. and Kans. Univ. Press, 1981. Pt. F. Suppl. 1. Vol. 2. Pp. 506–669.

18. *Lecompte M.* Les Tubules du devonien moyen et superieur du bord sud du basin de Dinant. Mus. Royal Hist. Nat. Belgique, Mem. 90. 1939.

19. *Sardeson F. W.* Ueber die Beziehungen der fossilen Tabulaten zu den Alcyonarien. Neues Jahrb. Min. ets., Beil.-Bd. X. 1896.

20. *Scrutton C. T.* Origin and Early evolution of Tabulate Corals // Palaeontographica Americana. № 54. 1984. P. 110–118.

References

1. Barskaya V. F. *Siluriiskie siringoporidy s podnyatiya Chernova* (severo-vostochnaya chast Bolshezemelskoi tundry) (Silurian syringoporids from the Chernov uplift (northeastern part of the Bolshezemelskaya tundra)). Geological and geochemical collection. Scientific notes No. 262. Moscow, 1967, pp. 126–135.

2. Vrobieva E. I. *Morfofunktsionalnyi podhod v paleontologii* (Morphofunctional approach in paleontology). Paleontol. Journal, 2007, No. 4, pp. 3–15.

3. Dogel V. A. *Zoologiya bespozvonochnyh* (Zoology of invertebrates). Moscow: Sovetskaya nauka, 1947.

4. Dubatolov V. N. *Pozdnesiluriiskie i devonskie tabulyaty, geliolitidy i hetetidy Kuznetskogo basseina* (Late Silurian and Devonian tabuli, heliolithids and hetetides of the Kuznetsk basin). Moscow: Publishing House of AS USSR, 1963, 194 p.

5. Leleshus V. L. *Parallelizm v evolyutsii tabulyat* (Parallelism in tabulation evolution). Reports of the Academy of Sciences of the Tajik SSR, 1972,V. XV, No. 1, pp. 42–45.

6. Lukin V. Yu. *Sistematicheskoe polozhenie vida Syringoporinus aseptata iz siluriiskih otlozhenii podnyatiya Chernova* (Systematic position of the species Syringoporinus aseptata from Silurian sediments of the Chernov uplift). Syktyvkar Paleontological Collection, No. 7, Syktyvkar, 2014, pp. 25–30.

7. Lukin V. Yu. *Novye vidy siringoporid iz eifelskih otlozhenii Pripolyarnogo Urala* (New species of syringoporids from the Eiffel deposits of the Subpolar Urals). Paleontological journal, 2006, No. 4, pp. 20–24.

8. Preobrazhensky B. V. *Morfologiya i paleoekologiya tabulyatomorfnyh korallov* (Morphology and paleoecology of tabular morphic corals). Moscow: Nauka, 1982, 157 p.

9. Sokolov B. S. *Novye siringoporidy Taimyra* (New syringoporids of Taimyr). Bul. MOIP, Geology, 1947, V. XXII (6), pp. 19–28.

10. Sokolov B. S. *Podklass Tabulata. Tabulyaty. Osnovy paleontologii: gubki arheotsiaty, kishechnopolostnye, chervi* (Subclass Tabulata. Tabulates. In: Basics of paleontology: sponges, archaeocytes, intestinal, worms). Moscow: Publishing House of AS USSR, 1962, pp. 192–265.

11. Sokolov B. S. *Sistematika i istoriya razvitiya paleozoiskih korallov Anthozoa Tabulata* (Systematics and development history of Paleozoic corals Anthozoa Tabulata). Problems of paleontology, V. I, Leningrad: Publishing house of Leningrad State University, 1950.

12. Sokolov B. S. *Tabulyaty paleozoya Evropeiskoi chasti SSSR* (Paleozoic tablets of the European part of the USSR). Introduction Leningrad — Moscow: Gostoptekhizdat, 1955, 527 p.

13. Tesakov Yu. I. *Tabulyaty. Populyatsionnyi, biotsenoticheskii i biostratigraficheskii analiz* (Tabulates. Population, biocenotic and biostratigraphic analysis). Moscow: Nauka, 1978, 260 p.

14. Chudinova I. I. *Sostav, sistema i filogeniya iskopaemyh korallov. Otryad siringoporida*. (Composition, system and phylogeny of fossil corals. Syringoporida detachment). Moscow, 1986, 205 p.

15. Yanet F. E. *Parallelizm v razvitii siluriiskih i devonskih tabulyat Urala. Drevnie Cnidaria* (Parallelism in the development of the Silurian and Devonian tabulates of the Urals. In: Ancient Cnidaria, V. I, Novosibirsk: Nauka, 1974, pp. 122–127.

16. Coates A. G., Oliver W. A. Coloniality in Zoantharian Corals. Animal Colonies. 1973 by Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., Stroudsburg, Pa, pp 3–27.

17. Hill D. Tabulata. Treatise on invertebrate paleontology. Geol. Soc. Amer. and Kans. Univ. Press, 1981, Pt. F. Suppl., 1, V. 2, pp. 506–669.

18. Lecompte M. Les Tubules du devonien moyen et superieur du bord sud du basin de Dinant. Mus. Royal Hist. Nat. Belgique, Mem. 90, 1939.

19. Sardeson F.W. Ueber die Beziehungen der fossilen Tabulaten zu den Alcyonarien. Neues Jahrb. Min. ets., Beil.-Bd. X, 1896.

20. Scrutton C. T. Origin and Early evolution of Tabulate Corals. Palaeontographica Americana, No. 54, 1984, pp. 110–118

УДК 562.32:551.793 DOI: 10.19110/2221-1381-2019-12-25-33

ИСТОРИЯ ФАУНЫ ГРЫЗУНОВ СЕВЕРНОГО УРАЛА В ПОЗДНЕМ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ (ДАННЫЕ ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ НАВЕСА СТУДЕНОГО)

И. В. Кряжева, Д. В. Пономарев

Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

Innageologi@mail.ru

Исследовались комплексы остатков грызунов из отложений навеса Студеного на западном склоне Северного Урала. Описаны две стадии развития родентиофауны: бызовского интерстадиала и максимума последнего оледенения. Фауна конца бызовского (средневалдайского) интерстадиала, существовавшая в условиях распространения моховой тундры с участием лесной растительности, описана по данным изучения нижнего, самого древнего в Приуральской Субарктике комплекса ископаемых остатков пещерного тафономического типа. В этом сообществе доминирует сибирский лемминг и заметное участие принимают лесные и интразональные виды. Состав и структура сообществ последнего ледникового максимума свидетельствует об экстремально холодных и сухих условиях. В этой фауне резко доминирует копытный лемминг и существенную долю остатков составляет узкочерепная полевка. Копытные лемминги последнего ледникового максимума из отложений навеса Студеного находятся на эволюционной стадии развития зубной системы морфы 3 *Dicrostonyx gulielmi*, характерной для животных, обитавших на северо-востоке европейской части России примерно от 30 до 11 календарных тыс. лет назад, от конца бызовского времени до начала голоцена. Узкочерепные полевки этого интервала демонстрируют размерные и морфотипические особенности первого нижнего коренного зуба, типичные для позднечетвертичных полевок северо-востока Европы.

Ключевые слова: *мелкие млекопитающие, копытный лемминг, узкочерепная полевка, морфология, эволюция, форма жевательной поверхности моляров, поздний плейстоцен, средний и поздний валдай, последний ледниковый максимум, Северный Урал, северо-восток европейской части России.*

HISTORY OF RODENT FAUNA IN THE NORTHERN URALS DURING THE LATE PLEISTOCENE (DATA OF PALEONTOLOGICAL RESEARCH IN STUDYONY LOCALITY)

I. V. Kryazheva, D. V. Ponomarev

Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar

Assemblages of rodent remains obtained from sediments of Studyony locality in the western slope of the Northern Urals were studied. In the result, two stages of microtheriofauna history are described: the Byzovaya interstadial and the Last Glacial Maximum. Fauna of the termination of Byzovaya (Middle Valday) interstadial is described on the basis of studying materials from the lower assemblage. This fossil complex is the oldest assemblage of cave taphonomic type in the Fore-Uralian Subarctic. Byzovaya fauna existed when moss tundra with the some forest vegetation was widely distributed. The community is dominated by the Siberian lemming, and considerable portion of forest and intrazonal species. The composition and ecological structure of communities of the Last Glacial Maximum indicates extremely cold and dry conditions. In this fauna the collared lemming sharply dominates with significant share of narrow-headed vole remains. Collared lemmings of the Last Glacial Maximum from Studyony locality are at the evolutionary level of teeth development corresponding to morph 3 *Dicrostonyx gulielmi*, characteristic for animals that lived in the northeastern part of European Russia, approximately from 30 to 11 cal. ka, from the end of Byzovaya interstadial till the beginning of the Holocene. Narrow-headed voles of this interval demonstrate the size and morphotypic features of the first lower molar, characteristic for the Late Quaternary voles of northeastern Europe.

Keywords: *small mammals, collared lemming, narrow-headed vole, morphology, evolution, occlusal shape of molars, Late Pleistocene, Middle and Late Valday, Last Glacial Maximum, Northern Urals, northeastern part of European Russia.*

Введение

Грызуны плейстоцена являются интересным объектом для исследования влияния климата на динамику наземных экосистем и для изучения закономерностей морфологической эволюции в общебиологическом и биостратиграфическом аспектах. В данной статье приводятся данные изучения многочисленных костных остатков грызунов из отложений навеса Студеного, расположенного в известном карстовом логу Иорданского на верхней Печоре (рис. 1). Это местонахождение интересно тем, что оно содержит самые древние (бызовской интерстадиал) ископаемые комплексы пещерного тафономического типа в Приуральской Субарктике. Кроме того, здесь найдены также комплексы остатков микротериофауны последнего ледникового максимума [4, 14], которые пока остаются самым достоверным источником сведений о характеристиках природной среды этого интервала на северо-востоке Европы ввиду отсутствия спорово-пыльцевых комплексов из отложений, надежно датированных максимумом последнего оледенения. Раскопки, давшие многочисленные сборы костных остатков грызунов, проводились здесь авторами в 2016 г., а ранее они осуществлялись Б. И. Гуслицером в 1961 и 1984 гг. [4].

Объекты и методы исследования

Крупный скальный навес Студеный расположен в предгорьях западного склона Северного Урала (62°00.766' с. ш., 58°38.865' в. д., 230 м над ур. м.), на правом берегу р. Печоры, в 17 км выше устья р. Большой Шежым, в 100 м к западу от приустьевой части лога Иорданского, на высоте 18–20 метров над урезом реки, и представляет собой крупный скальный навес высотой 14 м и шириной 30 м, предположительно оставшийся после обрушения свода крупной пещеры. В 2016 году нами проводились раскопки (площадь 0.8 м^2) в части, примыкающей к раскопу 1984 г. (рис. 2).

В разрезе рыхлых отложений навеса были вскрыты три слоя разного литологического состава, представ-

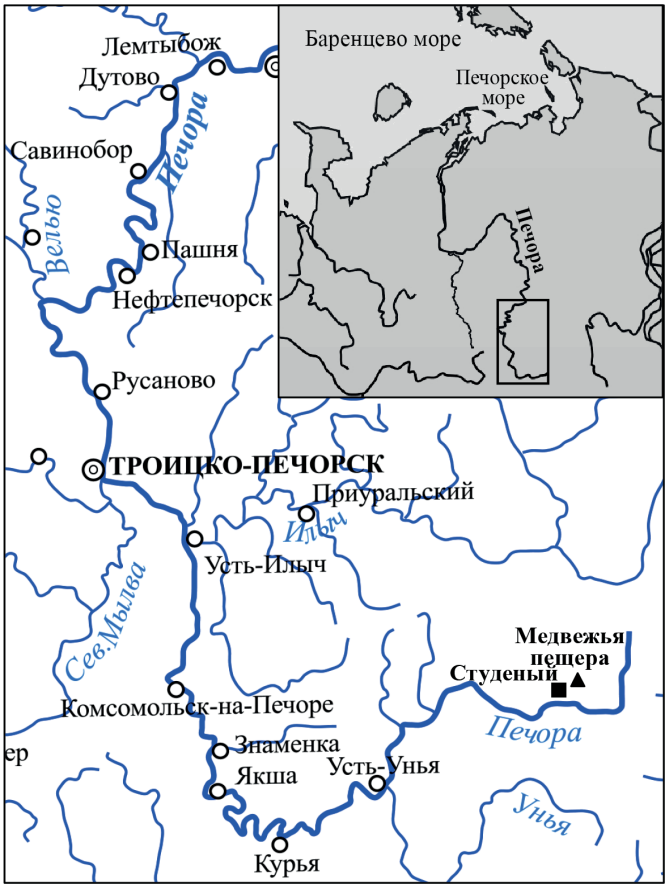


Рис. 1. Схематическая карта расположения навеса Студеного

Fig. 1. Schematic map of the Studyony locality

ленные песчано-глинистыми алевритами (сверху вниз).

Слой 1. Черный гумусированный, сильно глинистый алеврит (почва) с растительными остатками и щебенкой известняка. Содержит единичные остатки лесных видов грызунов. Мощность слоя 0.25 см. Граница с нижележащим слоем четкая по цвету.

Слой 2. Бурый глинистый алеврит с неокатанными обломками известняка. На глубине 0.4 м прослежена маломощная прослойка, состоящая практически полностью из костных остатков мелких млекопитающих, в основном грызунов. В основании слоя содержится небольшое количество обломков известняка со следами ожелезнения и несколько обломков костей крупных млекопитающих. Граница с нижележащим слоем нечеткая (по цвету). Всего из слоя собрано 3378 щечных зубов грызунов. Мощность слоя 0.75 м.

Слой 3. Буро-серый песчано-глинистый алеврит с большим содержанием крупного щебня известняка. В основании слоя встречены мелкие угольки и неокатанные обломки сильно выветрелого кварца. Из слоя собрано 660 щечных зубов грызунов. Мощность слоя 0.8 м.

В раскопе 2016 г. мощность рыхлых отложений намного меньше (1.8 м), чем в раскопе 1980-х гг., где она составляет более 5 м. По нашему мнению, большая мощность отложений связана с поступлением грубообломочного материала с обрушавшегося скального козырька навеса. Выделенные нами слои хорошо сопоставляются со слоями в раскопе 1984 г. по литологическим признакам (рис. 2). Так, слой 1 в обоих разрезах представляет собой гумусированные отложения с растительными остатками и щебенкой известняка. Слой 2 по лито-

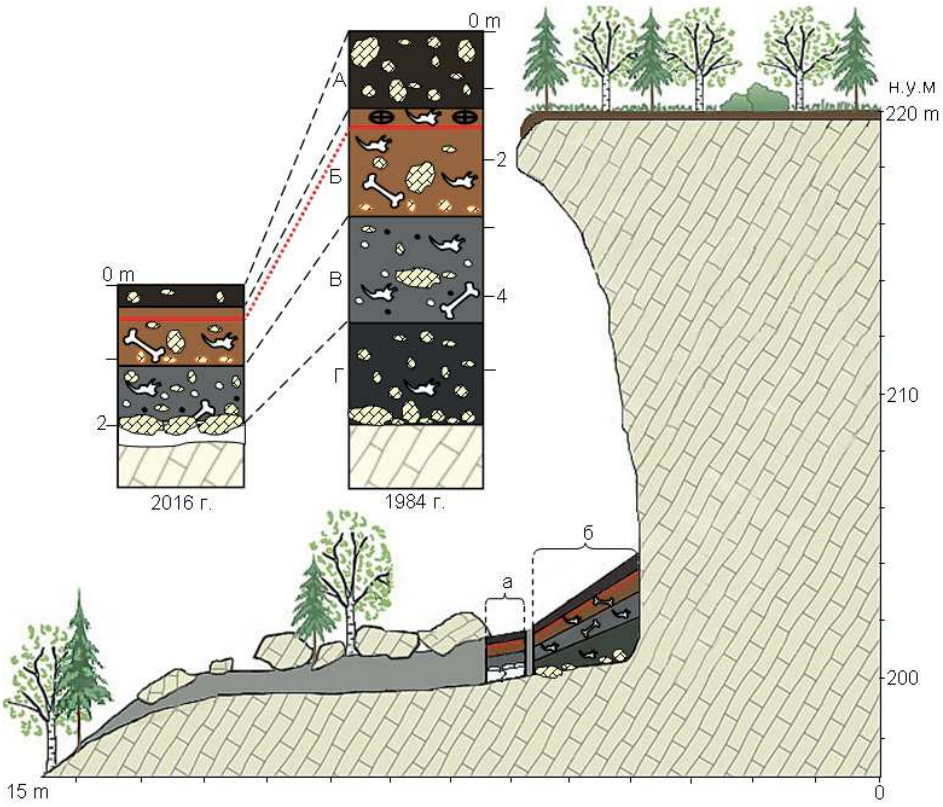


Рис. 2. Схематическое изображение навеса Студеного и разрезов рыхлых отложений в нем по данным раскопок 2016 г. (а) и 1984 г. (б). А — слой 1, Б — слой 2, В — слой 3, Г — слой 4. Красным цветом выделен прослой, состоящий почти полностью из костных остатков

Fig. 2. Schematic view of the Studyony locality and the it's sediment section according to the excavations of 2016 (a) and 1984 (b). A — layer 1, Б — layer 2, B — layer 3, Г — layer 4. A layer almost entirely consisting of bone remains is highlighted in red

логическим характеристикам соответствует слою 2 по описанию В. А. Кочева [7] и слоям 2 и 3 по материалам Б. И. Гуслицера с соавторами [4]. Также в описании слоя 2 Б. И. Гуслицером с соавторами [4] отмечается наличие пятисантиметрового слоя, сложенного почти исключительно костями мелких млекопитающих, который обнаружен и в разрезе 2016 г. Слой 3 соответствует слою 3 по В. А. Кочеву [7] и слоям 4 и 5 по данным Б. И. Гуслицера с соавторами [4]. Строение разреза в целом совпало с таковым в раскопе 1984 г., за исключением самой нижней части — слоя 4 по данным В. А. Кочева [7] и слоев 6, 7 и 8 по материалам Б. И. Гуслицера с соавторами [4] — которая в нашем разрезе отсутствовала и содержала только очень малочисленные остатки мелких млекопитающих.

Раскопки проводились по стандартным методикам [8, 9, 10]. Рыхлые отложения вскрывались условными горизонтами мощностью не более 10 см. Извлечение костных остатков животных производилось при помощи ручной промывки вмещающей породы на ситах с минимальным размером ячеи 0.8 мм. Полученная смесь костей и обломков породы высушивалась, и из нее вручную отбирались остатки млекопитающих, птиц и рыб, из которых идентифицировались пока только коренные зубы грызунов.

Всего из слоев 2 и 3 было получено 4038 щечных зубов грызунов, по которым были определены: лесные полевки (*Myodes* и *Craseomys*), копытный и сибирский лемминги, узкочерепная полевка, водяная полевка, полевка-экономка, полевка Миддендорфа и темная полевка (табл. 1).

Диагностика морфологически сходных видов, таких как полевка Миддендорфа/темная полевка и сибирский лемминг/лесной лемминг, проводилась по методике Н. Г. Смирнова с соавторами [13]. Видовая принадлежность остатков узкочерепной полевки, полевки Миддендорфа, полевки-экономки и темной полевки определялась по первому нижнему коренному зубу. Все остальные моляры группы родов Microtus распределялись по видам в соответствии с распределением первых нижних коренных. Далее все встреченные виды были сгруппированы по зональной приуроченности, т. к. предпочитаемая природная зона — всеобъемлющий параметр, который включает в себя и тип растительности, и некоторый перечень возможных кормов, и климатические характеристики (табл. 1).

Методики морфологических исследований приведены в публикациях по эволюции копытного лемминга и узкочерепной полевки грызунов в регионе [19, 20]. Для исследования эволюционных морфологических особенностей моляров копытного лемминга и узкочерепной полевки зубы из условных горизонтов объединили в несколько групп, чтобы получить достаточное количество материала для анализа. У копытного лемминга изучалась форма первого и второго коренных зубов по методике, предложенной Н. Г. Смирновым с соавторами [13] с небольшими изменениями [20]. По строению M1 и M2 выделялись три морфотипа — *simplicior*, *henseli* и *torquatus* (рис. 3), а далее по соотношению этих морфотипов выборки относились к одной из стадий развития зубной системы, сменяющим друг друга по степени сложности — уменьшению доли «архаичных» (*simplicior*), возрастанию доли промежуточных (*henseli*) и «продвинутых» (*torquatus*) морфотипов. Все изученные выборки относились к одному из видов: *Dicrostonyx simplicior*, *D. gulielmi* или *D. torquatus*. В пределах каждого вида были выделены по три морфы, а кроме видов различались промежуточные, переходные формы неуказанного таксономического ранга [13].

У узкочерепной полевки исследовались форма передней непарной петли (параконида) и общие размеры первого нижнего коренного зуба [19]. Эволюционный уровень полевок оценивается по соотношению морфотипов, со временем увеличивается доля продвинутых, сложных зубов (*грегалоидно-микротидный* и *микротидный* морфотипы) и уменьшается относительное количество архаичных, простых моляров (*грегалоидный* морфотип). Внутри грегалоидно-микротидного и микротидного морфотипов выделялись морфотипические классы по степени выраженности угла *BRA4* (рис. 3).

Результаты и их обсуждение

Фаунистический анализ

При анализе динамики видового состава и экологической структуры родентиофауны Студеного заметна смена двух комплексов остатков, сопоставляемых с двумя этапами развития фауны (рис. 4). Самый древний комплекс найден в нижней части разреза — слое 3 (1.0–1.8 м). По видовому составу и экологической структуре эта ассоциация схожа с локальной фауной из раскопа 1984 г. навеса Студеного — слоя 3 по данным В. А. Кочева [7] и слоев 4 и 5 по материалам Б. И. Гуслицера с соавторами [4] (табл. 1). Фауна представлена сибирским леммингом (69.3 %), полевкой-экономкой (13.8 %), лесными полевками (6 %), копытным леммингом (2.9 %), темной полевкой (3.8 %), узкочерепной полевкой (2.3%), водяной полевкой (2.1 %), полевкой Миддендорфа (1 %). Такой состав и структура фауны, в которой резко доминирует криогидрофильный вид — сибирский лемминг, предпочитающий увлажненные тундры с обилием мхов, свидетельствует о преобладании ландшафтов влажной моховой тундры, а присутствие лесных полевок говорит о наличии лесных островков или галерейных лесов в верховьях Печоры.

Фауна грызунов из слоя 2 (0.25–1.0 м) на 99 % состоит из тундровых (копытный и сибирский лемминги) и степных (узкочерепная полевка) видов. Встречены единичные зубы полевки-экономки и темной полевки (вместе менее 1 %). От основания слоя вверх по разрезу наблюдается заметное изменение в соотношении остатков представленных видов (снизу вверх): доля копытного лемминга увеличилась с 51.9 до 70.3 %, в то время как доля сибирского лемминга, наоборот, уменьшилась с 26.9 до 9.9 %. Доля остатков зубов узкочерепной полевки остается значительной (20.9–18.8 %). Подобные изменения в составе и структуре наблюдаются у ископаемых фаун из раскопа 1984 г навеса Студеного: слое 2 по данным В. А. Кочева [7] и слоях 2 и 3 по материалам Б. И. Гуслицера с соавторами [4] (табл. 1).

Фауна верхней части слоя 2 (0.25–0.6 м) по своему составу и структуре схожа с фауной из бурого суглинка Б Медвежьей пещеры, которая расположена в 200 м от Студеного, и датируется максимальной холодной стадией позднего валдая — 17960 ± 200 (ЛЕ-3059) и 16130 ± 150(ЛЕ-3060) [3]. Здесь на копытного лемминга приходится 73.9 %, на узкочерепную полевку — 13.7 %, на сибирского лемминга — 10.4 %, на полевку Миддендорфа — 0.3 % и на лесные виды — менее 2 % (табл. 1). Качественные и количественные характери-

Таблица 1. Количество щечных зубов грызунов и их соотношение (%) из отложений навеса Студеного и Медвежьей пещеры
Table 1. The number of rodent teeth and their ratio (%) from the sediments of Studyony locality and Medvezhya cave

Слои и глубина взятия образца, м / Beds and depth of sampling, m Вид / Species	Сл. 2[1] 0.25–0.6	Сл. 2[1] 0.6–1.0	Сл. 3[1] 1.0–1.8	Сл. 2[2] 1.4–2.4	Сл. 2[2] 2.4–3.6	Сл. 3[2] 3.6–5.1	Сл. 2[3] 1.2–2.3	Сл. 3[3] 2.3–3.4	Сл. 4[3] 3.4–4	Сл. 5[3] 4–4.4	Бурый суг. Б Brown loam	Биом* Biome с	т	л	и
Лесные полевки *Myodes* и *Craseomys* Redbacked voles *Myodes* and *Craseomys*	–	–	6	ед	ед	ед	–	ед	ед	ед	0.8	–	–	+	-
Копытный лемминг *Dicrostonyx gulielmi* Collared lemming	70.3	51.9	2.9	78.7	54	9.1	63	42	10.8	7	73.9	–	+	–	-
Сибирский лемминг *Lemmus sibiricus* Siberian lemming	9.9	26.9	69.3	15.7	41.5	88.4	16	30	65	82	10.4	–	+	–	-
Водяная полевка *Arvicola amphibius* Water vole	–	–	2.1		–	–	–	–				–	–	–	+
Темная полевка *Microtus agrestis* Field vole	0.1	–	3.8		ед	–	–		3.2			–	–	+	-
Узкочерепная полевка *Lasiopodomys gregalis* Narrow-headed vole	18.8	20.9	1	5.3	3.5	1.4	15	>20	12	1.5	13.7	+	+	–	-
Полевка Миддендорфа *Alexandromys middendorffii* Middendorff vole	–	–	1	–	–	0.1	–	2	3	1.5	0.3	–	+	–	-
Полевка-экономка *Alexandromys oeconomus* Tundra vole	0.9	0.3	13.8	ед	0.8	1	6	4.5	6	8	0	–	–	–	+
Всего / Total	2339	1039	660	6506	1229	767	7978	1572	319	377	197[ос]				

*Биом: с — степь, т — тундра, л — лес, и — интразональные, 1 — собственные данные, 2 — по В. А. Кочеву [4], 3 — по Б. И. Гуслицеру и др. [7]. Для бурого суглинка Медвежьей пещеры приводится общее количество особей [14].

* Biome: с — steppe, т — tundra, л — forest, and и — intrazonal, 1 — our data, 2 — according to V. A. Kochev [4], 3 — according to B. I. Guslitser at al. [7]. For the brown loam of Medvezhya cave the total number of individuals is given [14].

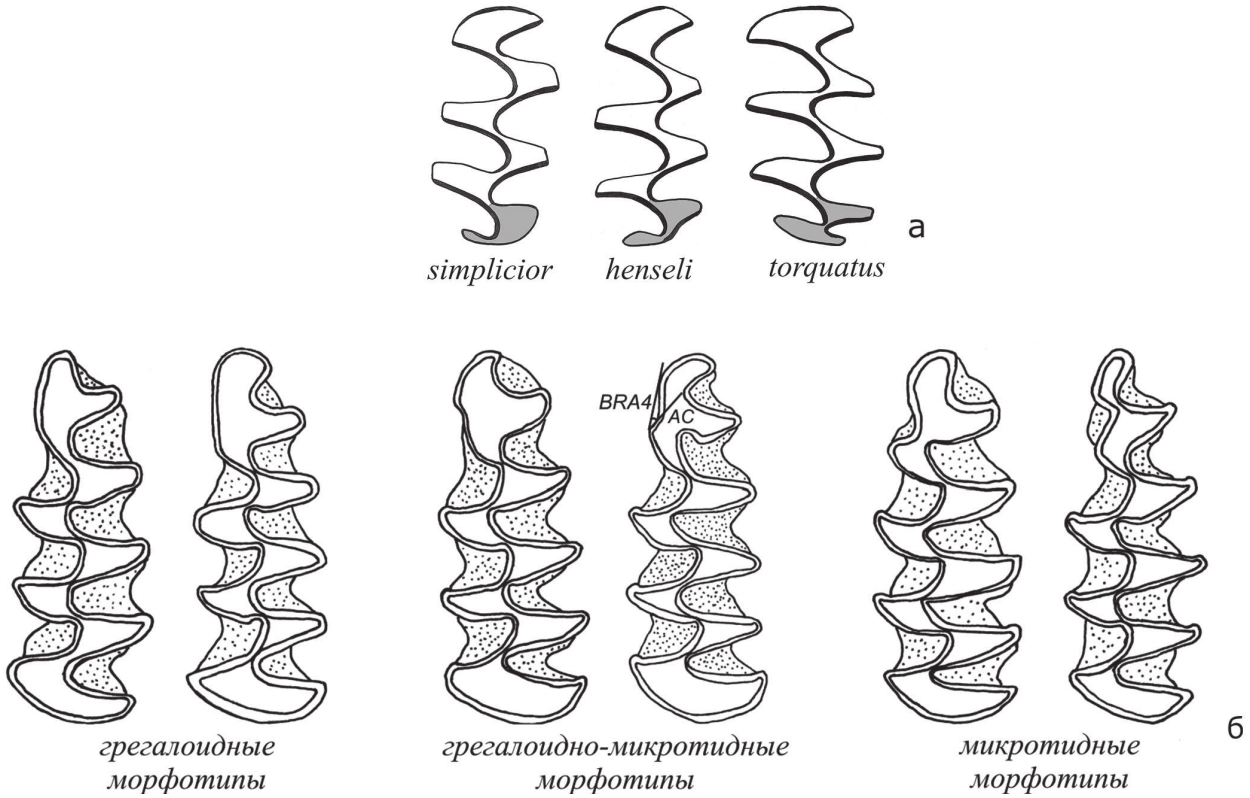


Рис. 3. Морфотипы моляров копытных леммингов (а) и узкочерепной полевки (b). Для узкочерепной полевки показана схема измерения угла *BRA4* на антерокониде (*AC*) m1 [13]. *BRA* — buccal re-entrant angle, *AC* — anterior cap [17]

Fig. 3. Morphotypes of molars of collared lemming (a) and narrow-headed vole (b). For the narrow-headed vole, a scheme for measuring BRA4 angle of the m1 anteroconide (AC) is shown [13]. BRA — buccal re-entrant angle, AC — anterior cap [17]

стики комплексов сравниваемых местонахождений схожи. В обоих случаях остатки копытных леммингов резко доминируют, на втором месте по количеству остатков находится узкочерепная полевка. Высокая доля обитателей сухих тундр указывает на более холодный и сухой климат в верховьях Печоры во время формирования этих слоев по сравнению с условиями формирования нижележащего слоя 3 навеса Студеного, где 69.3 % остатков принадлежат сибирскому леммингу — обитателю заболоченных тундр. Фауна грызунов из нижней части слоя 2 (0.6–1.0 м) демонстрирует переходную фазу от умеренно холодных условий к более суровым — холодным и аридным.

При возрастной интерпретации разреза отложений навеса Студеного Б. И. Гуслицер с коллегами [4] и В. А. Кочев [7] придерживались точки зрения, согласно которой верхняя часть разреза (слой 2 в нашем описании) имеет средневалдайский возраст и является одновозрастной с бурым суглинком Медвежьей пещеры на основании близости значений ПЭУ (показателя эволюционного уровня) копытных леммингов. Возраст нижней части разреза Студеного (слой 3 в раскопках 2016 г.) принимался как ранневалдайский. В дальнейшем Н. Г. Смирновым [14] было показано, что радиоуглеродные датировки отложений Медвежьей пещеры хорошо сопоставляются с особенностями фауны, климата и ландшафтов. По его мнению, возраст верхних горизонтов навеса Студеного (слой 2 разреза 2016 г.), где преобладают остатки копытного лемминга, — последний ледниковый максимум, а нижняя часть разреза (слой 3 разреза 2016 г.) с обилием остатков сибирского лемминга отлагалась в конце раннего — среднем валдае.

Относительно недавно появились данные, позволяющие намного точнее оценивать возраст отложений навеса Студеного. Так, были опубликованы пять радиоуглеродных датировок остатков копытного лемминга из отложений Студеного [18], варьирующие от (22 380±170) лет (OxA-30034) до (24 790±220) лет (OxA-30032), калиброванные значения которых находятся в диапазоне 26 430–29 070 лет. Кроме того, есть также оценки абсолютного возраста костных остатков сибирского лемминга из Студеного — 30–35 тыс. лет, которые получены по степени расхождения генетических линий в программе BEAST [16]. Хотя авторы данных исследований не приводят информации о тех частях разреза отложений навеса Студеного, откуда были взяты образцы, мы предполагаем, что образцы копытного лемминга для датирования были взяты из отложений верхней части (слой 2 раскопок 2016 г.), а сибирского лемминга — из осадков нижней части разреза (слой 3 раскопок 2016 г.). Это предположение основывается на том, что образцы, вероятнее всего, отбирались из тех отложений, в которых данные виды резко преобладают: в слое 2 доминируют остатки копытного, а в слое 3 — сибирского лемминга. Таким образом, фауна с преобладанием сибирского лемминга, скорее всего, датируется концом бызовского интерстадиала, а сообщества с доминированием копытного лемминга — последним ледниковым максимумом, как и предполагалось Н. Г. Смирновым [14]. В целом оценки возраста горизонтов навеса Студеного находятся в соответствии с реконструкциями растительных ассоциаций Восточной Европы [1, 2, 5, 6, 11] и сообществ грызунов.

Климат средневалдайского интестадиала был значительно холоднее климата «нормальных» межледниковий, например сулинского (микулинского). Для европейской части России в бызовское (средневалдайское) время выделяют несколько фаз изменения расти-

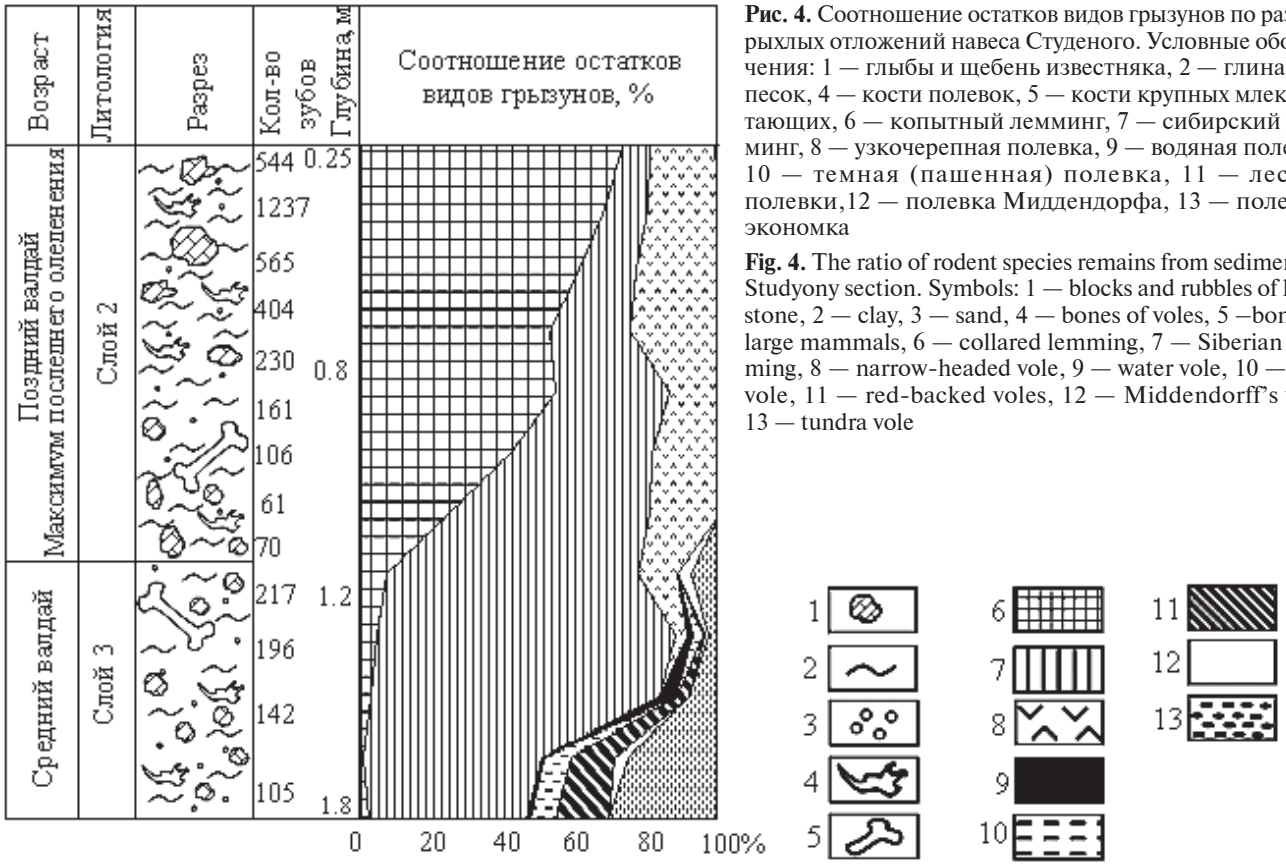


Рис. 4. Соотношение остатков видов грызунов по разрезу рыхлых отложений навеса Студеного. Условные обозначения: 1 — глыбы и щебень известняка, 2 — глина, 3 — песок, 4 — кости полевок, 5 — кости крупных млекопитающих, 6 — копытный лемминг, 7 — сибирский лемминг, 8 — узкочерепная полевка, 9 — водяная полевка, 10 — темная (пашенная) полевка, 11 — лесные полевки,12 — полевка Миддендорфа, 13 — полевка-экономка

Fig. 4. The ratio of rodent species remains from sediments of Studyony section. Symbols: 1 — blocks and rubbles of limestone, 2 — clay, 3 — sand, 4 — bones of voles, 5 –bones of large mammals, 6 — collared lemming, 7 — Siberian lemming, 8 — narrow-headed vole, 9 — water vole, 10 — field vole, 11 — red-backed voles, 12 — Middendorff's vole, 13 — tundra vole

тельности. На северо-западе и северо-востоке в периоды потепления отмечается развитие елово-березовых, елово-сосновых и березовых лесных формаций с участием широколиственных пород, а холодные периоды характеризуются развитием березовых редколесий с элементами ксерофитной перигляциальной флоры. В северо-восточной части наряду с ксерофитными сообществами отмечается большое распространение болотно-тундровых формаций, которые на северо-западе отмечаются только в завершающей стадии средневалдайского интерстадиала. Также для северо-востока отмечается отсутствие климатических оптимумов, которые зафиксированы в северо-западной части [1, 5].

Материалов для характеристики климата и растительности для времени максимального развития последнего оледенения в регионе очень мало. По немногочисленным палинологическим данным, в эпоху максимального распространения материковых льдов перигляциально-тундровый тип растительности в сочетании со степными ассоциациями охватывал северо-восток Восточно-Европейской равнины. По объединенным палеобиологическим данным (териологическим и флористическим), для региона в последнем ледниковом максимуме реконструируются кустарниковая тундра и перигляциальная тундролесостепь [2, 6, 11]. Фаунистические материалы происходят из локальных фаун Пымвашора, а также Студеной и Медвежьей пещер, в которых резко преобладает один вид мелких млекопитающих, обладающий самыми выраженными адаптациями к максимально холодному и засушливому климату, — копытный лемминг. При отсутствии палеоботанических и териологических данных для описания климата последнего ледникового максимума исследователями в основном использовались геологические материалы. Главным геологическим свидетельством суровости климата в это время является наличие эоловых перигляциальных отложений в покровной формации плейстоцена [15].

Следует отметить, что широтная зональность растительности и ландшафтов была в значительной степени искажена наличием на западе обширного скандинавского ледникового щита, вдоль восточного края которого природные зоны протягивались с юго-запада на северо-восток [6, 11].

Особенности морфологии копытного лемминга и узкочерепной полевки

Копытные лемминги из слоя 2 (0.25–1.0 м) навеса Студеного, предположительно датируемые последним ледниковым максимумом, относятся к одной стадии развития зубной системы, представленной морфой 3 *D. gulielmi*. Выборки зубов из отдельных условных горизонтов внутри слоя 2 не показывают различий в морфологии (рис. 5). Для этой морфы характерно преобладание моляров морфотипа henseli, на втором месте — torquatus, а на третьем — simplicior на обоих зубах (рис. 5). Животные, относящиеся к этой эволюционной стадии, обитали в регионе примерно от 30 до 11 календарных тыс. лет назад, т. е. от конца бызовского времени до начала голоцена [20]. К этой же стадии относятся лемминги из таких местонахождений, как Пижма-1, Щугер-4 (слои 1 и 2), Уньинская пещера, Серчейю-6, Рябово и Нижний Двойник [20].

Изменчивость размерных и морфотипических характеристик первого нижнего коренного зуба узкочерепной полевки из отложений Студеного по отдельным условным горизонтам сравнительно низкая (табл. 2 и 3). Узкочерепные полевки из навеса Студеного по морфологии m1 схожи с другими поздненеоплейстоценовыми полевками региона [19]. Отличительными чертами их яв-

Таблица 2. Встречаемость морфотипов (%) m1 *L. gregalis* из навеса Студеного
Table 2. Frequencies of m1 morphotypes (%) of *L. gregalis* from Studyony locality

Глубина, см Depth, cm	N	Морфотипы / Morphotypes		
		грегалоид. / gregaloid. 0°	грег.-микротид. / greg.-microtid. 5–20°	микротид. / microtid. ≥25°
25–40	23	21.7	56.5	21.7
40–48	45	13.3	53.4	13.3
48–65	35	14.3	48.6	37.1
65–120	23	4.3	73.9	21.7

Таблица 3. Размеры первых нижних моляров узкочерепных полевок из навеса Студеного
Table 3. Dimensions of the first lower molars of narrow-headed voles from Studyony locality

Глубина, см Depth, cm	Длина / Length					Ширина / Width				
	N	мин min	средн average	макс max	D	N	мин min	средн average	макс max	D
25–40	14	2.37	2.58	2.75	0.012	16	0.83	0.95	1.04	0.0033
40–48	36	2.34	2.61	3.07	0.027	42	0.87	0.98	1.08	0.0028
48–65	25	2.31	2.63	3.13	0.047	27	0.87	0.98	1.05	0.0019
65–120	13	2.23	2.53	2.71	0.019	16	0.81	0.93	1.02	0.0026

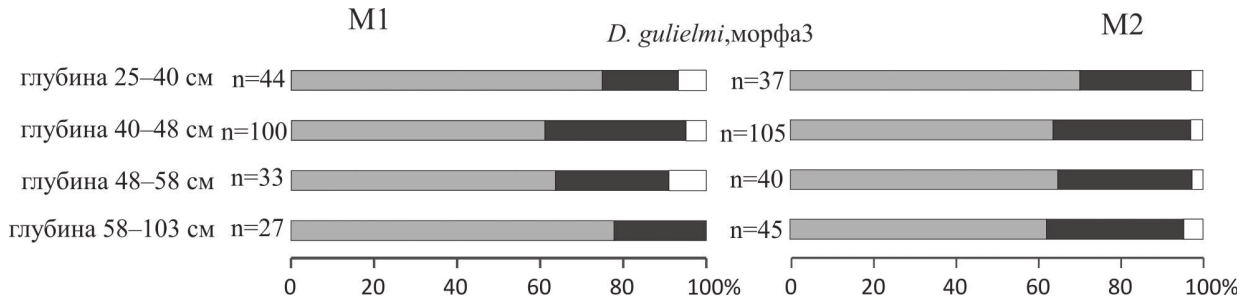


Рис. 5. Соотношение морфотипов M1 и M2 у копытных леммингов из отложений навеса Студеного. Белым цветом показан морфотип simplicior, серым — henseli, черным — torquatus

Fig. 5. The ratio of morphotypes M1 and M2 in collared lemmings from the sediments of Studyony. White color shows the morphotype simplicior, gray — henseli, black — torquatus

ляются относительно мелкие зубы со сравнительно архаичной формой жевательной поверхности: среди моляров преобладают экземпляры грегалоидно-микротидного морфотипа, а доля моляров микротидной морфы заметно меньше, хотя размах изменчивости этих параметров как в современных, так и в позднеплейстоценовых выборках очень велик [19]. Средние размеры m1 современных узкочерепных полевок трех выборок с северо-востока европейской части России: длина — от 2.64 до 2.68 мм, ширина — от 1.0 до 1.02 мм, а средние размеры позднеплейстоценовых варьируют от 2.52 до 2.81 мм в длину и от 0.9 до 1.0 мм в ширину. В трех выборках современных полевок из приуральских тундр — рр. Адзьва, Шапкина и хр. Пай-Хой — доля зубов микротидного морфотипа составляет 48.3, 33.2 и 59.9 % соответственно, а у позднеплейстоценовых полевок Тимано-Североуральского региона варьирует от 26 до 51.3 % [19].

Заключение

Из отложений навеса Студеного получено два разновозрастных комплекса остатков грызунов. Они представлены тундровыми видами, предпочитающими разные условия обитания, что свидетельствует о двух фазах истории фауны, при которых климатические условия в районе исследований существенно различались. Более древний комплекс происходит из нижней части разреза (слой 3) и представлен сообществом с резким доминированием сибирского лемминга (69 %), а также заметным участием лесных (10 %) и интразональных (16 %) видов. Преобладание криогидрофильного вида — сибирского лемминга, предпочитающего увлажненные тундры с обилием мхов, — свидетельствует о развитии ландшафтов влажной моховой тундры, а присутствие лесных полевок указывает на наличие лесной растительности в верховьях Печоры. Фауна из слоя 3 предположительно датируется концом бызовского (средневалдайского) интерстадиала, и это самый древний комплекс остатков микротериофауны пещерного типа в Тимано-Североуральском регионе.

Фаунистическая ассоциация из средней части разреза (слой 2) характеризует, по нашему мнению, фауну максимума последнего оледенения. Она представлена своеобразными сообществами, на 99 % состоявшими из тундровых видов, большая часть которых — остатки копытного лемминга (70 %) — экстремально криоксерофильного вида, а также узкочерепной полевки (19 %) — вида, предпочитающего холодные и сухие условия специфического плейстоценового биома — тундростепи, а на долю сибирского лемминга приходится только 10 %.

По эволюционному уровню развития зубной системы копытный лемминг из средней части разреза представлен морфой 3 *Dicrostonyx gulielmi*. Животные, нахо-

дящиеся на этой стадии развития, обитали на северо-востоке европейской части России примерно от 30 до 11 календарных тыс. лет назад от конца бызовского времени до начала голоцена. Узкочерепные полевки из слоя 2 Студеного представлены популяцией с мелкими первыми нижними молярами и усредненными морфотипическими характеристиками.

Работа выполнена в рамках темы НИР «Биогеологические события и стратиграфия фанерозоя субарктической зоны Баренцевоморского региона, Тимана и западного склона Урала» ГР № АААА-А17-117121140081-7 и проекта Президиума УрО РАН № 18-5-5-50.

Литература

1. *Андреичева Л. Н., Марченко-Вагапова Т. И., Буравская М. Н., Голубева И. В.* Природная среда неоплейстоцена и голоцена на Европейском Северо-Востоке России. М.: ГЕОС, 2015. 224 с.

2. *Гричук В. П.* История флоры и растительности Русской равнины в плейстоцене. М.: Наука, 1989. 183 с.

3. *Гуслицер Б. И., Павлов П. Ю.* Верхнепалеолитическая стоянка Медвежья пещера // Памятники эпохи камня и металла Северного Приуралья: Материалы по археологии Европейского Северо-Востока. Вып. 11. Сыктывкар, 1988. С. 5–18.

4. *Гуслицер Б. И., Павлов П. Ю., Панюкова Н. Н.* Биостратиграфия и возраст отложений пещеры Студеной на верхней Печоре. Сыктывкар, 1989. С. 92–100. (Тр. Ин-та геологи Коми НЦ УрО АН СССР. Вып. 73).

5. *Дурягина Д. А., Коноваленко Л. А.* Палинология плейстоцена северо-востока европейской части России. СПб.: Наука, 1993. 124 с.

6. *Кольфсхотен Т. ван, Маркова А. К., Симакова А. Н., Пузаченко А. Ю.* Экосистемы максимального похолодания последнего оледенения (LGM) (<24 — >=17 тыс. л. н.). Эволюция экосистем Европы при переходе от плейстоцена к голоцену (24–8 тыс. л. н.). М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2008. С. 459–465.

7. *Кочев В. А.* Плейстоценовые грызуны северо-востока европейской части России и их стратиграфическое значение. СПб.: Наука, 1993. 112 с.

8. Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений. М.: Госгеолтехиздат, 1955. Ч. 2. 486 с.

9. Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений. Л.: Недра, 1987. 308 с.

10. Методы изучения осадочных пород. М.: Госгеолтехиздат, 1957. Т. 2. 564 с.

11. Палеоклиматы и палеоландшафты внетропического пространства Северного полушария. Поздний плейстоцен — голоцен: Атлас-монография / Под ред. проф. А. А. Величко. М., 2009. 120 с.

12. *Смирнов Н. Г., Большаков В. Н., Косинцев П. А., Панова Н. К., Коробейников Ю. И., Ольшванг В. Н., Ерохин Н. Г., Быкова Г. В.* Историческая экология животных гор Южного Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 244 с.

13. *Смирнов Н. Г., Головачев И. Б., Бачура О. П., Кузнецова И. А., Чепраков М. И.* Сложные случаи определения зубов грызунов из отложений позднего плейстоцена и голоцена тундровых районов Северной Евразии. Материалы по истории и современному состоянию фауны севера Западной Сибири. Рифей. Челябинск, 1997. С. 60–90.

14. *Смирнов Н. Г.* Разнообразие мелких млекопитающих Северного Урала в позднем плейстоцене и голоцене // Материалы и исследования по истории современной фауны Урала: Сб. науч. тр. Екатеринбург, 1996. С. 39–83.

15. *Astakhov V. I.* The postglacial Pleistocene of the northern Russian mainland. Quaternary Science Reviews. 2014. Vol. 92. P. 388–408.

16. *Lagerholm V. K., Sandoval-Castellanos E., Ehrich D., Abramson N.I., Nadachowski A., Kalthoff D. C., Germonprй M., Angerbjцrn A., Stewart J.R., Dalйn L.* On of the Norwegian lemming. Molecular Ecology. 2014. Vol. 23. No. 8. P. 2060–2071.

17. *Meulen A. J. van der.* Middle Pleistocene smaller mammals from the Monte Pegalia (Orvieto, Italy) with special reference to the phylogeny of *Microtus* (Arvicolidae, Rodentia). Quaternaria. 1973. Vol. 17. P. 1–144.

18. *Palkopoulou E., Baca M., Abramson N.I., Sablin M., Socha P., Nadachowski A., Prost S., Germonprй M., Kosintsev P., Smirnov N. G., Vartanyan S., Ponomarev D., Nystrцm J., Nikolskiy P., Jass C. N., Litvinov Y.N., Kalthoff D.C., Grigoriev S., Fadeeva T., Douka A., Higham T.F.G., Ersmark E., Pitulko V., Pavlova E., Stewart J. R., Węgleński P., Stankovic A., Dalйn L.* Synchronous genetic turnovers across Western Eurasia in Late Pleistocene collared lemmings. Global Change Biology. 2016. Volume 22. Issue 5. P. 1710–1721.

19. *Ponomarev D., Puzachenko A.* Changes in the morphology and morphological diversity of the first lower molar of narrow-headed voles (*Microtus gregalis*, Arvicolinae, Rodentia) from north-eastern European Russia since the Late Pleistocene. Quaternary International. 2017. Vol. 436. P. 239–252.

20. *Ponomarev, D., Puzachenko, A.* Evolution of occlusal shape of the first and second upper molars of Middle-Late Pleistocene collared lemmings (*Dicrostonyx*, Arvicolinae, Rodentia) in northeast European Russia. Boreas. 2015. Vol. 44. P. 741–759.

References

1. Andreicheva L. N., Marchenko-Vagapova T. I., Buravskaya M. N., Golubeva I. V. *Prirodnaja sreda neoplejstocena i golocena na Evropeyskom Severo-Vostoke Rossii* (Neopleistocene and Holocene natural environment in the European northeast of Russia). Moscow: GEOS, 2015, 224 p.

2. Grichuk V. P. *Istorija flory i rastitel'nosti Russkoj ravniny v plejstocene* (History of flora and vegetation of the Russian plain during the Pleistocene). Moscow: Nauka, 1989, 183 p.

3. Guslitser B. I., Pavlov P. Yu. *Verhnepaleoliticheskaja stojanka Medvezh'ja peshhera* (Upper Paleolithic site Medvezhya cave). *Pamjatniki jepohi kamnja i metalla Severnogo Priural'ja*. Materials on the archaeology of the European North-East. Issue 11. Syktyvkar, 1988, pp. 5–18.

4. Guslitser B. I., Pavlov P. Yu., Panyukova N. N. *Biostratigrafija i vozrast otlozhenij peshhery Studenoj na verhnej Pechore* (Biostratigraphy and age of the sediments of Studyonaya cave in the Upper Pechora River). Proceedings of the Institute of Geology Komi SC UB AS USSR. Issue 73. Syktyvkar, 1989, pp. 92–100.

5. D.A., Konovalenko L.A. *Palinologija plejstocena severo-vostoka evropejskoj chasti Rossii* (Palynology of the Pleistocene in the northeast of European Russia). Saint-Petersburg: Nauka, 1993, 124 pp.

6. Kolfshoten T. van, Markova A. K., Simakova A. N., Puzachenko A. Yu. *Ekosistemy maksimal'nogo poholodanija poslednego oledenenija (LGM) (<24 — >=17 tys. l. n.)*. (The Last Glacial Maximum ecosystems (LGM) *(<24 — >=17 kyr BP)*. Evolution of Evolution of the European ecosystems during the Pleistocene — Holocene transition (24-8 kyr BP), 315–341. Moscow: KMK, 2008. pp. 459–465.

7. Kochev V. A. *Plejstocenovye gryzuny severo-vostoka Evropejskoj chasti Rossii i ih stratigraficheskoe znachenie* (Pleistocene rodents of north-eastern Europe and their stratigraphic significance). Saint-Petersburg: Nauka, 1993, 112 p.

8. *Metodicheskoe rukovodstvo po izucheniju i geologicheskoj syemke chetvertichnyh otlozhenij* (Methodological guide to study and

geological survey of Quaternary deposits). Moscow: Gosgeoltehizdat, 1955, Part 2. 486 p.

9. *Metodicheskoe rukovodstvo po izucheniju i geologicheskoj syemke chetvertichnyh otlozhenij* (Methodological guide to study and geological survey of Quaternary deposits). Leningrad: Nedra, 1987, 308 p.

10. *Metody izuchenija osadochnyh porod* (Methods of studying sedimentary rocks). Moscow: Gosgeoltehizdat, 1957, V. 2, 564 p.

11. *Paleoklimaty i paleolandshafty vnetropicheskogo prostranstva Severnogo polusharija. Pozdnij plejstocen — golocen* (Paleoclimates and paleolandscapes of the extratropical space of the Northern hemisphere. Late Pleistocene-Holocene.). Atlas-monograph. Professor A. A. Velichko Ed. Moscow, 2009, 120 p.

12. Smirnov N. G., Bolshakov V. N., Kosincev P. A., Panova N. K., Korobeynikov Yu. I., Olshvang V. N., Erohin N. G., Bykova G. V. *Istoricheskaja jekologija zhivotnyh gor Juzhnogo Urala* (Historical Ecology of Animals of the Southern Ural Mountains). UB AS USSR, Sverdlovsk, 1990, 244 p.

13. Smirnov N. G., Golovachev I. B., Bachura O. P., Kuznetsova I. A., Cheprakov M. I. *Slozhnye sluchai opredelenija zubov gryzunov iz otlozhenij pozdnego plejstocena i golocena tundrovyh rajonov Severnoj Evrazii* (Complicated cases of identifying rodent teeth from Late Pleistocene and Holocene deposits of tundra regions of Northern Eurasia.). *Materialy po istorii i sovremennomu sostojaniju fauny severa Zapadnoj Sibiri*. Chelyabinsk: Rifej, 1997, pp. 60–90.

14. Smirnov, N. G. *Raznoobrazie melkih mlekopitajushhih Severnogo Urala v pozdnem plejstocene i golocene* (Small mammal diversity of Northern Urals in Late Pleistocene and Holocene). *Materialy i issledovanija po istorii sovremennoj fauny Urala*. Collection of papers. Ekaterinburg, 1996, pp. 39–83.

15. Astakhov V. I. The postglacial Pleistocene of the northern Russian mainland. Quaternary Science Reviews. 2014, V. 92, pp. 388–408.

16. Lagerholm V. K., Sandoval-Castellanos E., Ehrich D., Abramson N. I., Nadachowski A., Kalthoff D. C., Germonpré M., Angerbjцrn A., Stewart J.R., Dalйn L. On of the Norwegian lemming. Molecular Ecology. 2014, V. 23, No. 8, pp. 2060–2071.

17. Meulen A. J. van der. Middle Pleistocene smaller mammals from the Monte Pegalia (Orvieto, Italy) with special reference to the phylogeny of *Microtus* (Arvicolidae, Rodentia). Quaternaria. 1973, V. 17, pp. 1–144.

18. Palkopoulou E., Baca M., Abramson N. I., Sablin M., Socha P., Nadachowski A., Prost S., Germonprй M., Kosintsev P., Smirnov N. G., Vartanyan S., Ponomarev D., Nyström J., Nikolskiy P., Jass C.N., Litvinov Y. N., Kalthoff D. C., Grigoriev S., Fadeeva T., Douka A., Higham T. F. G., Ersmark E., Pitulko V., Pavlova E., Stewart J. R., Węgleński P., Stankovic A., Dalйn L. Synchronous genetic turnovers across Western Eurasia in Late Pleistocene collared lemmings. Global Change Biology, 2016, V. 22, Issue 5, pp. 1710–1721.

19. Ponomarev D., Puzachenko A. Changes in the morphology and morphological diversity of the first lower molar of narrow-headed voles (*Microtus gregalis*, Arvicolinae, Rodentia) from northeastern European Russia since the Late Pleistocene. Quaternary International, 2017, V. 436, pp. 239–252.

20. Ponomarev, D., Puzachenko, A. Evolution of occlusal shape of the first and second upper molars of Middle-Late Pleistocene collared lemmings (*Dicrostonyx*, Arvicolinae, Rodentia) in northeast European Russia. Boreas, 2015, V. 44, pp. 741–759.



СЕМИДАЛЬЕ, СЕМИРЕЧЬЕ И СЕМИЦВЕТЬЕ МОНГОЛИИ...
THE SEMIDALYE, SEMIRECHYE AND SEMITSVETIE OF MONGOLIA...

Монгольская геологическая экспедиция состоялась с 5 по 27 августа 2019 года в рамках гранта Российского научного фонда на проведение фундаментальных и поисковых научных исследований № 18-17-00240 «*Магматизм Азии в период с 500–400 млн лет назад и его связь с климатическими кризисами, включая массовое вымирание биологических видов в конце ордовикского периода*».

Возможность работать в составе экспедиции появилась благодаря И. Ф. Гертнеру, П. А. Тишину и научному руководителю экспедиции Эрнсту Ричарду Эверетту (ТГУ, Томск). В состав комплексной экспедиции вошли: Роман Шелепаев, Андрей Вишневский (ИГМ СО РАН, г. Новосибирск), Алексей Семиряков, Кундуз Курумшиева (НИ ТГУ, Томск), Оксана Удоратина (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар).

Исследовались щелочные массивы Прихубсугулья (Северная Монголия): Барунманханский, Овермараатгольский, Болтысингольский, Додтамгольский, Бурэнханобинский. Изучались расслоенные массивы озерной зоны — Хайрханский и Баянцаганский, а также комплексные редкометалльные месторождения: Шарытологойское, Улантологойское, Цахиринское.

Основными задачами экспедиции были отбор образцов горных пород и проб для проведения геохронологических исследований и составление карт геологических разрезов с привязкой к географическим координатам современными методами спутниковой навигации.

Монголия встретила светлыми просторами, освеженными дождями, сопровождала радугами, обманчиво близкими, видимыми до горизонта горными вершинами.

Дали дальние, манящие невероятными цветами — от серого разных оттенков до фиалково-розовых, нежно-голубых и пронзительно-синих. Небо соревнуется с ними в утренние часы: темно-фиолетовое, с просветами, сполохами ярко-красного и желтого до голубого небесного и совершенно бело-голубого днем. Ночь падает, но не так стремительно, протекая через серые, наполненные звуками сумерки и открываясь звездным, совсем недостижимым, необъятным пространством. И реки здесь тоже разноцветные, впадают в такие же озера, а многие берут здесь свое начало и несут воды к далекому Ледовитому океану.

Август. Великая сушь, ожидание песчаных бурь, диких монгольских ветров, затяжных

The Mongolian geological expedition took place 05.08.2019—27.08.2019, supported by the grant of the Russian Science Foundation for basic research and exploratory research No. 18-17-00240 «Asian magmatism from 500–400 Ma and its relation with climatic crises, including the mass extinction of species at the end of the Ordovician».

The opportunity to work in the expedition was granted by I. F. Gertner, P. A. Tishin and the scientific leader of the expedition Ernst Richard Everett (Tomsk TSU). The complex expedition included Roman Shelepaev, Andrey Vishnevsky (IGM SB RAS, Novosibirsk), Alexey Semiryakov, Kunduz Kurumshieva (TSU Tomsk), Oksana Udoratina (IG FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar).

We studied alkaline massifs of the Khubsugul area (Northern Mongolia): Barunmankhan, Overmaraatgol, Boltysingol, Dodtamgol, Burenkhanobin. The stratified massifs of the Lake Zone were also studied: Khayrhan and Bayantsagan. Complex rare metal deposits were visited: Sharytologoy, Ulantologoy, Tsakhirin.

The main goals of the expedition were: sampling of rocks for geochronological researches and compilation of maps of geological sections with reference to geographical coordinates by modern methods of satellite navigation.

Mongolia meets us with bright rain-washed expanses, accompanies us with rainbows, deceptively easy-to-climb mountains that attract you, and you can count nine bends of mountain peaks visible to the horizon.

The expanses beckon by colors of rainbow from gray in different shades, to violet-pink, pale blue and piercing blue. The sky competes with them in the morning hours with dark purple, with gleams, flashes of bright red and yellow to sky blue and completely white and blue during the day. Night



О. Удоратина, К. Курумшиева, А. Семиряков, Р. Шелепаев, А. Вишневский, С. Долбак

O. Udoratina, K. Kurumshieva, A. Semiryakov, R. Shelepaev, A. Vishnevsky, S. Dolbak

дождей. Но лишь иногда трехтысячные вершины цепляют перетекающие облака, наполненные дождем и снегом.

Дорог — сотни. Они расходятся веером, и нелегкая задача выбрать одну, ведущую к нужным точкам, откуда начинаются пешие маршруты. Иногда выезд на асфальтовую трассу, пересекающую Монголию с запада на восток. Совершенно сюрреалистичный сюжет, когда в пустынном, нередко беззвучном пространстве ты видишь уходящую в небо дорогу и на ней в дрожащем мареве вдруг проезжающий, как будто из другого мира, красный автобус. Пустота вокруг обнимает тебя, ландшафт меняется, не переставая быть пустынным. Пучки травы сменяются ее полным отсутствием, а потом и вовсе песчаными ландшафтами с белеющими кое-где костями. И только вдоль рек сохраняются оазисы, где можно встретить кроме разнообразных кустов тополя и даже березы. Есть и типичные обзорные виды, где одна сторона горок покрыта лиственничным лесом. Разнообразие цветов описанию не поддается, можно только сказать, что, поскольку древнее «темя Азии» — это поднятая территория, вся она покрыта эдельвейсами.



Лагерь у подножия, высота 2200
Camp at the foot, altitude 2200

Сафари. За 21 день встретились несметные стада яков, верблюдов, коров, коз, отары овец, табуны лошадей, не меньшее количество птиц: журавлей, цапель, лебедей, хищников всевозможных родов, а также падальщиков; повсюду снующие тарбаганы и суслики. Все это обозревает любой пересекающий, казалось бы, пустынные районы Монголии. В пространствах и в воде много живого, есть и эндемический зубастый, как все его предки, хариус.

Дорога длиной в 5000 км пролегает от Новосибирска через Бийск, Горноалтайск по легендарному Чуйскому тракту до Западного Прихубсугулья, больших озер. Названия монгольских городов — музыка для непривыкшего уха...

Пограничный контроль присутствует в полной мере, разделенный 30 километрами нейтральности российской и монгольской границ.

Ташанта. Среди пустынных холмов желтовато-серого цвета, безводных и безрастительных, стоит простая синяя табличка с надписью «Монголия», а на другой стороне дороге — «Россия». Тихо и неторопливо идет очередь, и, въезжая в Монголию, ты уже готов к неспешности и созерцательности.

Возвращаясь морозным утром на Родину, скрывающуюся за четырехтысячными горноалтайскими пиками, вы ощутите и увезете с собой навсегда вкус баранины и ханчая в потоке стелющегося аргального дыма. С вами останется безбрежность и кажущаяся затерянность этого мира, много взявшего от века текущего, но сохранившего и причудливо вплетающего в современность свои древние узоры.

Вам будут сниться миражи гор с бело-синими шапками снегов и семицветье покидаемого края. Белые точки раскиданных по всей стране юрт, в самых вроде бы недоступных местах, с гордо стоящими рядом солнечными батареями, грузовичками и пасущимися стадами.

Кажущаяся пустынность оборачивается обжитостью этих мест. Как только вы разобьете лагерь, на мотоциклах приедут из ближней юрты и будут рассматри-

falls, but not so fast, flowing through the gray twilight filled with sounds and opening with a starry, absolutely unattainable, vast space. And rivers here are also colorful and flow into the colorful lakes, but many rivers originate here and carry their waters to distant Arctic Ocean.

August. A great drought, expectation of sandstorms, wild Mongolian winds, long rains. But only occasionally high three-thousand-meters peaks catch flowing clouds filled with rain and snow.

Roads – hundreds of them... They fan out from one and it is not an easy task to choose the right one leading to the right points, from where hiking routes start. Sometimes run out to an asphalt highway crossing Mongolia from west to east and from east to west. It is a completely surreal plot, when in a deserted, often soundless, space you see a road to the sky and a red bus in a trembling haze suddenly passing by as if from another world. The emptiness hugs you, the desert landscape is changing, not ceasing to be desert. Bunches of grass are replaced by their complete absence, then completely sandy landscapes with white bones here and there. And only along the rivers oases are preserved, where you can find poplar and even birch in addition to a variety of bushes. There are also typical panoramic views, where one side of the hills is covered with larch forest. The diversity of colors cannot be described, we can only add that since the ancient «crown of Asia» is a raised territory, all of it is covered with edelweiss.



Орбикулярное габбро. Хайрханский массив
Orbicular gabbro. Khayrkhan massif



Дальние дали
Faraway horizons

вать вас и расспрашивать, не замечая ваши беспомощные попытки перейти на английский язык.

Ко всем горкам можно подъехать не с той, так с другой стороны, и мы, готовясь к многокилометровым броскам, были удивлены, насколько щадящей была наша маршрутная жизнь. Другая сторона этого — возможность отбирать пробы «от души» — приводит, так сказать, к «перепроизводству» и заполонению образцами, т. к. много ли утащишь, а вот уазик — он «брат железный».

В приготовление пищи вносит свои изменения высота, и картошка будет вариться здесь не менее часа. Но благодатные рынки монгольских городков, наполненные натуральной всячиной, и даже арбузами, не дадут пропасть. И если, отправляясь за Полярный круг, все надо сразу взять с собой, то здесь можно посетить магазинчики и рыночки и весьма разнообразить полевой рацион.



Нас встречают и провожают корабли пустыни
Desert Ships Meet and see us

Работа — сказочная, сказочные щелочные комплексы. Согласно петрографическому кодексу, пожалуй, самые сложные в своем многообразии горные породы, ждущие исследований и ответов на вопросы: а что это? а как это? Все постижимо в неспешности и филосовской монгольской созерцательности. Все проходит, все остается и все повторяется. Скачущие на лошадях всадники сменились на мчащихся на уазиках, массивы не поменяли своих положений, и так же, как сотни лет назад, взирают на нас обнаженные глубинные образования.

Безмерная благодарность сотрудникам ИГМ СО РАН за то, что времени оказалось достаточно, чтобы из тысячи дорог выбрать нужную, все найти и все опробовать, создать идеальные условия для работы. Низкий поклон водителям Роману и Степану.

К. г.-м. н. О. Удоратина, А. Семиряков

Safari — within 21 days we met countless herds of yaks, camels, cows, goats, flocks of sheep, herds of horses, birds, cranes, herons, swans, all kinds of predators, as well as scavengers, tarbagans and gophers everywhere. Anyone, crossing seemingly deserted areas of Mongolia, observes it. Everywhere there are a lot of living creatures, and in water as well there is an endemic toothy grayling like all of its ancestors and the other, because numerous of his descendants lost them.

A 5,000 km long road runs from Novosibirsk via Biysk, Gornoaltaysk, along legendary Chuysky tract to the western Khubsugul area, large lakes. The names of Mongolian cities are music for an unaccustomed ear...

The border control is fully present, separated by a 30 km gap of neutrality between the Russian and Mongolian borders.

Tashanta. Among deserted hills, yellowish-gray color of waterless and lifeless there is a simple blue plate «Mongolia», and on the other side of the road — «Russia». Quiet and unhurried queue, and entering Mongolia you are ready for leisure and contemplative residence.

On a frosty morning returning home behind four-thousand-meters-high Gornoaltay peaks, you will feel and take with you the taste of lamb and hancha forever in a stream of creeping argal smoke. You will keep vastness and apparent abandonment of this world, which has taken a lot from the current age, but preserved and fantastically woven ancient patterns into the present.

You will dream of mirages driving through the lines of the mountains with white-blue caps of snow and seven-colored leaves of the land. White dots of scattered yurts, with proudly standing solar panels, trucks and grazing herds in the most seemingly inaccessible places.

The seeming desert turns into the habitability of these places. As soon as you set up camp, they will come by motorbikes from the nearest yurt and will ask you, not noticing your helplessness and your attempts to switch to English for some reason.

Everywhere you can drive up to all the hills from any side, and we, having been prepared for the many-kilometer routes, were surprised how calm our route life was. The other side of this, the ability to take samples «from the heart», leads, so to speak, to overproduction and flooding with samples, because no matter how much you take, but UAZ is a «metal brother».

The height changes cooking style and potatoes will be cooked here for at least an hour. But the gracious markets of Mongolian towns, filled with natural goods and even watermelons, will prevent from starvation. And if we, leaving behind the Arctic Circle, have to take everything with us, then here you can visit shops and markets to diversify your field diet.

Work is fabulous, fabulous alkaline complexes. According to the Petrographic Code, perhaps the most complex rocks in their variety are waiting for research and answers to questions: what is this? how is it? Everything is comprehensible in leisurely and philosophical Mongolian contemplation. Everything is rolling by, everything remains and everything is repeated. Galloping horse riders changed to UAZ drivers, the massifs did not change their positions, and like hundreds of years ago, outcropped deep formations gaze at you.

Immense gratitude to the colleagues from IGM SB RAS, since they helped the time of 21 days to be sufficient, from a thousand roads to find the right one, to find everything and to try everything, to create ideal conditions for work. Deepest gratitude to drivers Roman and Stepan.

Ph. D. O. Udoratina, A. Semiryakov

ЧЕРНОВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2019 • CHERNOV READINGS – 2019

On December 11, 2019, the Institute of Geology Komi SC UB RAS hosted the 33rd Chernov Readings, dedicated to the 100th anniversaries of the Director of the Institute of Geology (1961–1985), a participant in the Great Patriotic War, Honored Scientist of the Komi ASSR and the RSFSR, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor Mark Veniaminovich Fishman (1919–2003), and Honored Worker of Science and Culture of the Komi ASSR, Scientific Secretary of the Presidium of the Komi Branch of the USSR Academy of Sciences (1951–1971), and Candidate of Geological and Mineralogical Sciences Nina Nikolaevna Kuz'kokova (1919–1999).

11 декабря 2019 г. в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН состоялись XXXIII Черновские чтения, посвященные 100-летним юбилеям директора Института геологии (1961–1985), участника Великой Отечественной войны, заслуженного деятеля науки Коми АССР и РСФСР, доктора геолого-минералогических наук, профессора Марка Вениаминовича Фишмана (1919–2003) и заслуженного работника науки и культуры Коми АССР, ученого секретаря Президиума Коми филиала АН СССР (1951–1971), кандидата геолого-минералогических наук Нины Николаевны Кузькоковой (1919–1999).

Программа чтений включала два доклада и воспоминания. Открыл заседание врио директора ИГ к. г.-м. н. И. Н. Бурцев.



Выступление И. Н. Бурцева
Speech by I. N. Burtsev

Затем с докладом «Геологическое наследие М. В. Фишмана» выступил д. г.-м. н. А. М. Пыстин. Он осветил наиболее яркие события в жизни бывшего директора Института геологии (1961–1985) и его роль как ученого-геолога и организатора геологических исследований.



После демобилизации и завершения прерванной войной учебы в Новочеркасском индустриальном институте М. В. Фишман в 1948 г. прибыл на работу в Сыктывкар, на Коми базу АН СССР. В 1958 г. Отдел геологии Коми ФАН АН СССР был реорганизован в Институт геологии, который вскоре возглавил М. В. Фишман. Под его руководством Институт геологии быстро вырос в крупный геологический центр, в котором на высокопрофессиональном уровне стали проводиться геолого-



Докладывает А. М. Пыстин
Report by A. M. Pystin

минералогические исследования по разным научным направлениям. При личном участии М. В. Фишмана в Институте был создан замечательный Геологический музей. Марк Вениаминович был не только успешным руководителем, но и крупным ученым, внесшим огромный вклад в познание геологического строения и историю геологического развития Тимано-Североуральского региона. Результаты его геологических исследований доказали свою жизнеспособность на протяжении многих десятилетий и до настоящего времени остаются примером выдающегося научного достижения.

Второй доклад, «Персональный пенсионер республиканского значения», был сделан д. г.-м. н. Н. И. Брянчаниновой о жизни Нины Николаевны Кузькоковой. Н. И. Брянчанинова отразила вклад, который внесла Н. Н. Кузькокова в становление Коми филиала АН СССР как крупного научного учреждения. Рассказала об огромной научно-организационной работе, которую выполняла Н. Н. Кузькокова на протяжении двадцати лет в качестве учёного секретаря Президиума Коми филиала АН СССР.

После окончания в 1947 г. геолого-разведочного отделения Новочеркасского индустриального института по специальности «геология и разведка месторождений полезных ископаемых», Н. Н. Кузькокова поступила на работу в Отдел геологии Базы Академии наук СССР в Коми АССР. С 1950 г. она занималась детальным



Докладывает Н. И. Брянчанинова
Report by N. I. Bryanchaninova



Выступление М. П. Рощевского
Speech by M. P. Roshchevsky

изучением стратиграфии и литологии нижнепермских отложений в бассейне средней Печоры на западном склоне Урала и в Предуральском краевом прогибе. Во время нескольких экспедиций она детально описала многочисленные разнофациальные разрезы нижней перми, составила карты геологической изученности северо-востока европейской части СССР, а позже — карты полезных ископаемых Коми АССР, которые затем впервые были опубликованы. В 1973 г. успешно защитила кандидатскую диссертацию «Нижнепермские отложения правобережья средней Печоры». По результатам исследований Ниной Николаевной лично и в соавторстве было написано около 90 научных работ, из которых более 60 опубликовано.

По случаю памятной даты был издан сигнальный экземпляр книги «Жизнь километрами», подготовленной коллективом авторов (Н. И. Брянчанинова, А. М. Пыстин, Е. П. Калинин. Жизнь километрами. Сыктывкар, 2019. 118 с. + 56 с. цв. вкл.). В книге показаны этапы жизненного пути М. В. Фишмана и Н. Н. Кузьковой, результаты их научной и научно-организационной деятельности, приводится библиография научных работ, а также воспоминания детей, коллег и друзей.

Своими впечатлениями о годах совместной жизни и деятельности с М. В. Фишманом и Н. Н. Кузьковой поделился известный ученый, долгое время возглавлявший Коми филиал АН СССР, а затем и Коми научный центр, академик РАН М. П. Рощевский.

Хроника

10 декабря — юбилей Натальи Геннадьевны Шабановой, старшего лаборанта лаборатории технологии минерального-сырья, сотрудницы института с 1989 года.

11 декабря в институте состоялись XXXIII Черновские чтения, посвященные 100-летним юбилеям Марка Вениаминовича Фишмана и Нины Николаевны Кузьковой.

27 декабря — юбилей Ольги Ивановны Пельмеговой, лаборанта лаборатории петрографии, сотрудницы института с 1978 года.

Chronicle

December 10 — Anniversary of Natalia Gennadyevna Shabanova, Senior Laboratory Assistant at the Laboratory of Mineral Raw Technology, an employee of the Institute since 1989.

December 11 — Our Institute hosted the 33rd Chernov Readings, dedicated to the 100th anniversaries of Mark Veniaminovich Fishman and Nina Nikolaevna Kuzkokova.

December 27 — Anniversary of Olga Ivanovna Pelmegova, Laboratory Assistant at the Petrography Laboratory, an employee of the Institute since 1978.

ВСЕРОССИЙСКОЕ ЛИТОЛОГИЧЕСКОЕ СОВЕЩАНИЕ «ГЕОЛОГИЯ РИФОВ»

ALL-RUSSIAN LITHOLOGICAL CONFERENCE «REEF GEOLOGY»

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Научный совет по проблемам литологии и осадочным полезным ископаемым при Отделении наук о Земле РАН и Институт геологии имени академика Н. П. Юшкина ФИЦ Коми НЦ УрО РАН приглашают принять участие во Всероссийском литологическом совещании **«Геология рифов»**, которое состоится 23–25 июня 2020 года в г. Сыктывкаре (Республика Коми).

Тематика совещания:

— Основные понятия и диагностические признаки органогенных сооружений;

— Биологическое разнообразие и эволюция рифовых экосистем;

— Генетическое разнообразие органогенных сооружений;

— Микробные карбонаты как компоненты органогенных сооружений;

— Роль микробиоты и флюидов в формировании карбонатных построек;

— Комплексный анализ областей рифообразования.

В рамках совещания планируется проведение:

— молодежной школы (руководители А. И. Антошкина, В. А. Жемчугова);

— практического семинара «Разнообразие генетических типов пород органогенных сооружений» с просмотром коллекций шлифов и образцов (руководители Н. А. Матвеева, Л. А. Шмелёва);

— геологической экскурсии «Палеозойские органогенные сооружения бассейна р. Илыч, Северный Урал» с 26 июня по 4 июля 2020 г. (руководитель Е. С. Пономаренко).

Число участников — 9 чел.

Регистрация участников и прием материалов будет осуществляться интерактивно на портале Уральского отделения РАН в разделе «Конференции» (http://confer.uran.ru/).

Контрольные сроки

Регистрация участников — до 15 декабря 2019 г.

Регистрация докладов — до 1 марта 2020 г.

Второй циркуляр с программой — 15 мая 2020 г.

Контакты и консультации

Эл. почта: sandula@geo.komisc.ru — Сандула Андрей Николаевич.

Более подробную информацию о конференции и требованиях к оформлению тезисов вы можете узнать, скачав файл первого циркуляра (http://conf.uran.ru/Data/180message2666.pdf).

The Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, the Scientific Council on Lithology and Sedimentary Minerals at the Department of Earth Sciences of the Russian Academy of Sciences and the Institute of Geology, named after Academician N. P. Yushkin, FRC Komi SC UB RAS invite you to participate in the **«Reef Geology»** All-Russian Lithological Conference, which will take place on June 23–25, 2020 in Syktyvkar (Komi Republic).

Themes:

— Basic concepts and diagnostic features of organogenic buildups;

— Biological diversity and evolution of reef ecosystems;

— Genetic diversity of organogenic buildups;

— Microbial carbonates as components of organogenic buildups;

— Role of microbiota and fluids in the formation of carbonate buildups;

— Comprehensive analysis of reef formation areas.

The following is planned:

— Youth School (leaders A. I. Antoshkina, V. A. Zhemchugova);

— Workshop «Diversity of genetic types of rocks of organogenic buildups» and review of collections of thin sections and samples (leaders N. A. Matveeva, L. A. Shmelyova);

— Geological excursion: June 26 — July 4, 2020 «Paleozoic organogenic buildups of the Ilych river basin, Northern Urals» (leader E. S. Ponomarenko).

Number of participants — 9

Registration of participants and submission is interactive on the portal of the Ural Branch RAS in the «Conferences» section (http://confer.uran.ru/).

Deadlines

Registration — December 15, 2019

Report Submission — March 1, 2020

The second information letter with the program — May 15, 2020

Contacts and consultations

E-mail: sandula@geo.komisc.ru — Sandula Andrey Nikolaevich.

Please download the first information letter with the detailed information about the conference and abstract design (http://conf.uran.ru/Data/180message2666.pdf)

УКАЗАТЕЛЬ МАТЕРИАЛОВ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В Вестнике В 2019 ГОДУ

Научные статьи	НОМЕР	СТРАНИЦЫ
Антошкина А. И., Шеболкин Д. Н., Шмелёва Л. А., Исаенко С. И. Биохемогенные известняки и доломиты в нанометровом масштабе: значение для геологической летописи	8	3
Астахова Н. В. Барий в железомарганцевых образованиях Японского моря: особенности выделения и взаимоотношение с основными рудными фазами	3	31
Бушнев Д. А., Валяева О. В., Бурдельная Н. С. Изотопный состав углерода нефтей нижнего палеозоя северной части Тимано-Печорского бассейна	7	3
Вализер П. М., Краснобаев А. А., Глебова Н. М. Ультрамафиты ильмено-вишнево-горского комплекса (Южный Урал): геотермометрия по Ti в цирконе	8	25
Вихоть А. Н. Изменения экологического состояния геологической среды урбанизированной территории от воздействия техногенного геофизического поля г. Сыктывкара	2	36
Войтеховский Ю. Л. Из опыта преподавания. II. Основная теорема кристаллографии	9	38
Войтеховский Ю. Л. Кластерный анализ в геологии: метрики и меры	5	46
Войтеховский Ю. Л. О создании Международной минералогической ассоциации и Комиссии по космической минералогии: из архива Д. П. Григорьева	11	25
Войтеховский Ю. Л. О статье В. И. Ракина «Статистическая оценка эффективности работы научного института»	6	58
Войтеховский Ю. Л., Степенщиков Д. Г. Из опыта преподавания. I. Симметрия — диссимметрия — антисимметрия	8	42
Гриненко В. С., Баранов В. В. Глобальная палеогеография и палеобиогеография тоарского века (ранняя юра) по брахиоподам	5	20
Деревесникова А. А., Бушнев Д. А., Бурдельная Н. С. Ароматические биомаркеры стеранового и гопанового рядов в верхнедевонских нефтях и битумоидах доманиковых отложений Тимано-Печорского бассейна	5	3
Емельяненко Е. А., Горбатова Е. А. Новый концептуальный подход к управлению горнопромышленными отходами	6	46
Журавлев А. В. Микротвердость минерализованных тканей конодонтов	6	39
Зайнуллин Р. И., Мизенс Л. И., Мизенс А. Г. Новые данные о возрасте нижнедевонских отложений Западно-Магнитогорской зоны Южного Урала	8	20
Иванов А. Н., Чернявский А. В., Грошев Н. Ю., Савченко Е. Э. Минералы элементов платиновой группы в нижних рудных телах месторождения Северный Каменник, Кольский полуостров	1	3
Каллистов Г. А., Осипова Т. А. К характеристике геохимических особенностей гранитоидов Шилово-Коневской группы массивов (Средний Урал), продуктивных на вольфрамовое оруденение грейзенового типа	12	4
Камашев Д. В., Кряжев А. А. Некоторые особенности внутреннего строения монодисперсных сферических частиц кремнезема	5	39
Каткова В. И., Шанина С. Н. Хиральные соединения в уролитах	4	38
Ковальчук Н. С., Исаенко С. И., Конанова Н. В., Шумилова Т. Г., Данилова Ю. В. Типоморфные особенности золота аллювиальных отложений Фроловского участка (Усть-Куломский район, Республика Коми)	1	35
Конанова Н. В. Узлы пересечения ортогональных разломов Европейского Севера России по геофизическим данным	7	8
Кориневский В. Г. Ваэсит (NiS_2): первая находка в карбонатитах	5	13
Кориневский В. Г., Колисниченко С. В., Котляров В. А., Лебедева С. М. Магнезиоферрит (Mg, Mn) $Fe_2^{3+}O_4$ из карбонатитов Шишимской копи на Южном Урале	3	3
Кориневский В. Г., Котляров В. А., Колисниченко С. В. Новые находки редких сульфидов Ni, Zn, Cr, Cu и V в карбонатитах Южного Урала	9	17
Котик И. С., Валяева О. В., Бушнев Д. А., Журавлев А. В. Геохимия органического вещества доманиковых отложений разреза р. Пымвашор, гряда Чернышева (Тимано-Печорский бассейн)	9	10
Красиков А. В., Казанцева А. С. Факторы, влияющие на динамику содержания CO_2 в пределах подземного пространства (на примере Кунгурской ледяной пещеры)	9	3
Краснобаев А. А., Вализер П. М. Цирконовая геохронология гнейсов вишневогорской толщи ильмено-вишневогорского комплекса (Южный Урал)	3	9
Кряжева И. В., Пономарев Д. В. История фауны грызунов Северного Урала в позднем неоплейстоцене (данные палеонтологического исследования отложений навеса Студеного)	12	25
Лихникевич Е. Г., Ожогина Е. Г., Фатов А. С. Минералогические критерии выбора технологии переработки руд редких металлов	4	42

Лукин В. Ю. Палеоэкологические и палеобиогеографические особенности в эволюции табулят в позднем ордовике и раннем силуре на севере Урала 3 24
Лукин В. Ю. Параллелизмы и гомологическая изменчивость среди табулят 12 20
Майорова Т. П., Ефанова Л. И. Проявление золото-мышьяковистого типа Нияхойское-2 на Полярном Урале (кряж Манитанырд) 8 33
Матвеева Н. А., Иванова Р. М. Первая находка фораминифер в лудловской карбонатной толще на р. Илыч (Северный Урал) 5 27
Никулова Н. Ю., Соболева А. А. Результаты U-Pb-датирования детритовых цирконов из песчаников манитанырдской серии на кряже Манитанырд (Полярный Урал) 6 3
Носкова Н. Н. Землетрясения 22.09.2008 г. и 20.10.2009 г. на северо-востоке Русской плиты 1 20
Носова О. Ю., Вашков А. А. Петрографический состав обломочного материала тиллов гряды с напорным моренным основанием у д. Мосеево (западная часть Терских Кейв, Кольский полуостров) 4 17
Онищенко С. А., Кузнецов С. К. Палладий-золотосульфидная минерализация в андезитах на месторождении Чудное (Приполярный Урал) 6 20
Павлова Л. М., Радомская В. И., Шумилова Л. П., Иванов В. В. Модельные эксперименты с многокомпонентными растворами и грибной биомассой: возможность металлоносного биоминералообразования при угленакоплении 7 33
Первунина А. В., Мясникова О. В. Петрохимические и петрофизические свойства структурных разновидностей максовитов Зажогинского месторождения 2 29
Петроченков Д. А. Минеральный состав и геммологические характеристики интерьерно-ювелирных аммонитов Ярославской области 2 22
Пешков А. А., Чернышов А. И. Петрография хромитоносных ультрамафитов Агардагского массива (Юго-Восточная Тыва) 6 12
Плотицын А. Н., Груздев Д. А. Уникальное местонахождение ранних представителей рода Protognathodus (конодонты) на гряде Чернышева 3 14
Пономарева Т. А., Пыстин А. М. Структурные особенности марункеуского эклогит-гнейсового комплекса Полярного Урала по гравимагнитным данным 2 14
Пономаренко Е. С. Особенности строения микробных образований в системе «риф — лагуна» (на примере верхнедевонского рифового комплекса Седъю, Южный Тиман) 8 14
Ракин В. И. Статистическая оценка эффективности работы научного института 6 53
Рахимов И. Р. Вещественный состав миоценовых отложений Саитовского песчано-гравийного месторождения (Южное Предуралье) 4 3
Рахимов И. Р., Савельев Д. Е., Вишневский А. В. Сульфидно-платинометалльная минерализация изменённых габбро массива Малютка худолазовского комплекса: влияние гидротермальных процессов на тип минеральной ассоциации 7 15
Рябинкина Н. Н. , Рябинкин С. В. Нефтегазовый потенциал нижнекаменноугольных отложений севера Предуральского прогиба 9 33
Рязанов К. П. О некоторых текстурных особенностях глубоководных отложений палеозоя Пайхойского антиклинория 4 11
Салдин В. А., Зверьков Н. Г., Безносов П. А., Глинских Л. А., Селькова Л. А., Журавлев А. В. Новое местонахождение юрских морских рептилий на Европейском Севере России 2 3
Салдин В. А. Строение типового разреза нижнекаменноугольных отложений восточной подзоны Лемвинской зоны (Полярный Урал): часть 2. Реконструкция 1 13
Силаев В. И., Хазов А. Ф., Размыслов И. Н., Петровский В. А. Перспектива развития методов прогноза, поисков, оценки и переработки рудных месторождений: завещание легендарного проспектора 1 44
Симакова Ю. С. , Лютоев В. П., Лысюк А. Ю. Кристаллохимические особенности глауконита Каринского месторождения (Южный Урал) 3 41
Соболева А. А. Комментарии рецензента к статье В. С. Цыганко 7 49
Сокерин М. Ю., Голубев Е. А., Уткин А. А., Сокерина Н. В. Проявление шунгито-подобного углерода Ручейное (Приполярный Урал) 4 29
Соляник В. А. Коллекционные образцы кварца и кальцита из месторождений Дальнегорска в музее Дальневосточного геологического института 4 51
Тарихазер С. А., Набиев Г. Л. Оценка селевой опасности на Малом Кавказе (на примере реки Тертерчай) 1 29
Ткачев Ю. А. Основания многомерного кластерного анализа в геологии 2 44
Толстобров Д. С., Колька В. В. Новые схемы изобаз поднятия северо-востока Фенноскандии за последние 10 тысяч лет 11 3
Трубачев А. И., Хатькова А. Н., Размахнин К. К. Научно-практические результаты геолого-минералогического и технологического изучения природного и техногенного минерального сырья Восточного Забайкалья 3 51

Удоратина О. В., Кобл М. А., Шуйский А. С., Капитанова В. А. Гранитоиды няртинского блока (Приполярный Урал): новые данные 9 23
Хазов А. Ф., Вергасова Л. П., Симакова Ю. С., Смолева И. В., Тарасов К. В., Силаев В. И. Фумарольные карбонатные минерализации на примере БТТИ (Камчатка) 12 12
Цыганко В. С. Возраст верхней части девонской туфогенной толщи Среднего Тимана (р. Пижма) по результатам U-Pb (SIMS)-датирования цирконов 7 43
Шайбеков Р. И., Исаенко С. И., Тропников Е. М. Минералого-спектроскопические особенности минерала ваврживит из медно-никелевых руд хребта Пай-Хой (Ненецкий автономный округ, Россия) 7 25
Шевченко С. С., Бродская Р. Л., Бильская И. В., Кобзева Ю. В., Ляхницкая В. Д. Роль и значение внутренних границ в магматической горной породе 6 34
Шкодзинский В. С. Природа распределения изотопов стронция в магматических породах 6 28
Berry C. M. The evolution of the first forests in the devonian 11 20
Burdelnaya N. S., Bushnev D. A., Valyaeva O. V., Burtsev I. N., Kuzmin D. V., Derevesnikova A. A. Organic geochemistry of the Pechora basin coal and hypercoal as a perspective product of coal chemistry 10 5
Kocheva L. S., Karmanov A. P., Snigirevsky S. M. Physical and chemical studies of the organic matter of upper devonian brown coals 10 39
Soboleva M. A., Sobolev D. B. The late devonian Upper Kellwasser event in the deep-water deposits Of the western slope of the Subpolar Urals (Kozhym river section) 11 9
Marshall J. E. A., Tel'nova O. P., Berry C. M. Devonian and early carboniferous coals and the evolution of wetlands 10 12
Soboleva M. A., Sobolev D. B. Conodonts and ostracodes from the givetian-frasnian shallow-water deposits of the Southern Timan 10 28
Tel'nova O. P., Shumilov I. Kh. Palynological characteristics of givetian-frasnian stratigraphic interval on the Southern and Middle Timan 10 23
Zhuravlev A. V. A new species of shallow-water *Siphonodella* (Conodonta) from the Tournaisian (Lower Carboniferous) of Pechora-Kozhva Uplift, Timan-Pechora Basin 4 25
Zhuravlev A. V., Sobolev D. B. Devonian-carboniferous boundary in the east of the Pechora plate (Kamenka river and Vangyr river sections) 10 16

Юбилеи

Асхабов А. Памяти А. Ф. Кунца (к 80-летию со дня рождения) 11 38
Геофизическая эпопея (К 60-летнему юбилею Н. В. Конановой) 6 60
Главный тиманский бокситчик (к 85-летию со дня рождения В. В. Беляева) 3 62
Изотопная геохронология — царица геологических наук (к 70-летнему юбилею В. Л. Андреичева) 7
Информационные технологии — неотъемлемая часть науки (к 50-летнему юбилею А. В. Плоскова) 3 64
Котова О., Бурцев И. Геотехнолог (Памяти Бориса Андреевича Остащенко) 6 59
Кочева Л. Ее Величество Аналитик (к 70-летнему юбилею Т. Н. Тарасовой) 10 54
Лед и пламя (К 70-летнему юбилею Людмилы Николаевны Андреичевой) 8 49
Маркова Г. Свет учителя (к 110-летию профессора Д. П. Григорьева) 10 53
Микросейсмическая вахта (К 60-летнему юбилею к. г.-м. н. В. А. Лютоева) 9 55
На страже стратиграфических границ (К 50-летнему юбилею работы д. г.-м. н. Т. М. Безносовой) 9 56
Понедельник начинается в субботу (К 70-летнему юбилею Бориса Алексеевича Пименова) 8 52
Пыстин А. М. В. Фишман — выдающийся ученый и организатор геологических исследований (к 100-летию со дня рождения) 10 50
Сандула А. Mente et malleo (моему учителю А. И. Елисееву к 90-летию со дня рождения) 3 60
Стратиграф перми (К 120-летию со дня рождения Михаила Алексеевича Плотникова) 8 51
Судьба геолога (к 100-летию со дня рождения Н. Н. Кузькоковой) 11 36
Тимонина Н. Есть такое слово — «надо» (к 85-летию со дня рождения Н. И. Тимонина) 1 58
У истоков открытия флюоритовой провинции (к 90-летию Галины Александровны Марковой) 11 34
Юхтанов П. Минерограф В. Д. Тихомирова (к 70-летию со дня рождения) 3 59

Конференции

Анонс конференции «Геохимия нефти и газа, нефтематеринских пород, угля и горючих сланцев» 2 56
Анонс конференции «Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента» 8 50
Анонс конференции «Юшкинские чтения — 2020» 10 55

Анонс Всероссийского литологического совещания «Геология рифов» 12 39
Бурдельная Н., Валяева О. Всероссийская научная конференция «Геохимия нефти и газа, нефтематеринских пород, угля и горючих сланцев» 10 48
Вихоть А., Плотицын А. Форум молодых исследователей (XXVIII научная конференция «Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента») 11 32
Котова О. Прикладная минералогия: из Белгорода в Авейро (14-й Международный конгресс по прикладной минералогии, Белгород, 23–27 сентября 2019 г.) 9 43
Тельнова О. Что нам могут рассказать о закономерностях развития Земли девонские отложения Арктики (9-е научное кафе) 10 43
Тельнова О., Ордин К. Организация и оценка научной и учебной работы в Саутгемптонском университете (из доклада профессора Д. Маршалла) 10 46

XVII Геологический съезд Республики Коми
Антошкина А. Секции 4, 5 (литология, стратиграфия, палеонтология) 5 52
Астахова И. Секция 11 (история геологических исследований, геологическое наследие, геологическое образование) 5 56
Бурцев И., Козырева И., Антропова Е. XVII Геологический съезд Республики Коми 5 48
Гракова О. Секции 1, 2, 3 (региональная геология, тектоника, геодинамика, петрология, геохронология) 5 51
Ковальчук Н., Шумилова Т. Секции 7, 8 (месторождения рудных и нерудных полезных ископаемых, минералогия, геохимия) 5 54
Котова О. Секции 9, 10 (проблемы недропользования, геоэкология, новые геотехнологии, новые материалы) 5 55
Решение XVII Геологического съезда Республики Коми 5 57
Тимонина Н. Секция 6 (Геология нефти и газа) 5 53

Хроника, события, факты
Астахова И., Жданова Л., Шумилова Т. Многообразие минерального мира 2 53
Бурцев И., Астахова И., Антропова Е. Выставка достижений и возможностей народного хозяйства Республики Коми «Достояние Севера» — 2019 8 45
За заслуги перед Отечеством 3 64
Михайленко Ю. Геологический музей им. О. С. Кочеткова 2 54
Неожиданное открытие в палеонтологии ранних тетрапод 10 3
Новые издания 11 39
Памяти палеонтолога (некролог В. Ю. Лукину) 10 56
Семидалье, семиречье и семицветье Монголии... 12 34
Соляник В., Пахомова В., Федосеев Д. Коллекционный андрадит Синереченского месторождения (Приморский край): новые данные 8 46
Соляник В., Попов В., Пахомова В., Федосеев Д. Геопарк неогенового периода на юге Приморья — новая экспозиция в музее Дальневосточного геологического института 3 56
Черновские чтения – 2019 12 37

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Антошкина А. И. 8 3
5 52
Антропова Е. 5 48
8 45
Астахова И. 2 53
5 56
8 45
Астахова Н. В. 3 31
Асхабов А. 11 38
Баранов В. В. 5 20
Безносов П. А. 2 3
Бильская И. В. 6 34
Бродская Р. Л. 6 34
Бурдельная Н. С. 5 3
7 3
10 48
Бурцев И. 5 48
6 59
8 45
Бушнев Д. А. 5 3
7 3
9 10
Вализер П. М. 3 9
8 25
Валяева О. В. 7 3
9 10
Валяева О. 10 48
Вашков А. А. 4 17
Вергасова Л. П. 12 12
Вихоть А. Н. 2 36
Вихоть А. 11 32
Вишневский А. В. 7 15
Войтеховский Ю. Л. 5 46
6 58
8 42
9 38
11 25
Глебова Н. М. 8 25
Глинских Л. А. 2 3
Голубев Е. А. 4 29
Горбатова Е. А. 6 46
Гракова О. 5 51
Гриненко В. С. 5 20
Грошев Н. Ю. 1 3
Груздев Д. А. 3 14
Данилова Ю. В. 1 35
Деревесникова А. А. 5 3
Емельяненко Е. А. 6 46
Ефанова Л. И. 8 33
Жданова Л. 2 53
Журавлев А. В. 2 3
6 39
9 10
Зайнуллин Р. И. 8 20
Зверьков Н. Г. 2 3
Иванов А. Н. 1 3
Иванов В. В. 7 33

Иванова Р. М.	5	27	Носова О. Ю.	4	17	Тимонина Н.	1	58
Исаенко С. И.	1	35	Ожогина Е. Г.	4	42		5	53
	7	25	Онищенко С. А.	6	20	Ткачев Ю. А.	2	44
	8	3	Ордин К.	10	46	Толстобров Д. С.	11	3
Казанцева А. С.	9	3	Осипова Т. А.	12	4	Тропников Е. М.	7	25
Каллистов Г. А.	12	4	Павлова Л. М.	7	33	Трубачев А. И.	3	51
Камашев Д. В.	5	39	Пахомова В.	3	56	Удоратина О. В.	9	23
Капитанова В. А.	9	23		8	46	Уткин А. А.	4	29
Каткова В. И.	4	38	Первунина А. В.	2	29	Фатов А. С.	4	42
Кобзева Ю. В.	6	34	Петровский В. А.	1	44	Федосеев Д.	3	56
Кобл М. А.	9	23	Петроченков Д. А.	2	22		8	46
Ковальчук Н. С.	1	35	Пешков А. А.	6	12	Хазов А. Ф.	1	44
	5	54	Плотицын А. Н.	3	14		12	12
	5	48		11	32	Хатькова А. Н.	3	51
Колисниченко С. В.	3	3	Пономарев Д. В.	12	25	Цыганко В. С.	7	43
	9	17	Пономарева Т. А.	2	14	Чернышов А. И.	6	12
Колька В. В.	11	3	Пономаренко Е. С.	8	14	Чернявский А. В.	1	3
Конанова Н. В.	1	35	Попов В.	3	56	Шадрин А.	11	32
	7	8	Пыстин А. М.	2	14	Шайбеков Р. И.	7	25
Кориневский В. Г.	3	3		10	50	Шанина С. Н.	4	38
	5	13	Радомская В. И.	7	33	Шеболкин Д. Н.	8	3
	9	17	Размахнин К. К.	3	51	Шевченко С. С.	6	34
Котик И. С.	9	10	Размыслов И. Н.	1	44	Шкодзинский В. С.	6	28
Котляров В. А.	3	3	Ракин В. И.	6	53	Шмелёва Л. А.	8	3
Котляров В. А.	9	17	Рахимов И. Р.	4	3	Шуйский А. С.	9	23
Котова О.	5	55	Рахимов И. Р.	7	15	Шумилова Л. П.	7	33
	6	59	Рябинкин С. В.	9	33	Шумилова Т. Г.	1	35
	9	43	Рябинкина Н. Н.	9	33		2	53
Кочева Л.	10	54	Рязанов К. П.	4	11		5	54
Красиков А. В.	9	3	Савельев Д. Е.	7	15	Юхтанов П.	3	59
Краснобаев А. А.	3	9	Савченко Е. Э.	1	3	Berry C. M.	10	12
	8	25	Салдин В. А.	1	13		11	20
Кряжев А. А.	5	39		2	3	Burdelnaya N. S.	10	5
Кряжева И. В.	12	25	Сандула А.	3	60	Burtsev I. N.	10	5
Кузнецов С. К.	6	20	Селькова Л. А.	2	3	Bushnev D. A.	10	5
Лебедева С. М.	3	3	Силаев В. И.	1	44	Derevesnikova A. A.	10	5
Лихникевич Е. Г.	4	42		12	12	Karmanov A. P.	10	39
Лукин В. Ю.	3	24	Симакова Ю. С.	3	41	Kocheva L. S.	10	39
	12	20		12	12	Kuzmin D. V.	10	5
Лысюк А. Ю.	3	41	Смолева И. В.	12	12	Marshall J. E. A.	10	12
Лютоев В. П.	3	41	Соболева А. А.	6	3	Shumilov I. Kh.	10	23
Ляхницкая В. Д.	6	34		7	49	Snigirevsky S. M.	10	39
Майорова Т. П.	8	33	Сокерин М. Ю.	4	29	Sobolev D. B.	10	16
Маркова Г.	10	53	Сокерина Н. В.	4	29		10	28
Матвеева Н. А.	5	27	Соляник В. А.	3	56		11	9
Мизенс А. Г.	8	20		4	51	Soboleva M. A.	10	28
Мизенс Л. И.	8	20		8	46		11	9
Михайленко Ю.	2	54	Степенщиков Д. Г.	8	42	Tel'nova O. P.	10	12
Мясникова О. В.	2	29	Тарасов К. В.	12	12		10	23
Набиев Г. Л.	1	29	Тарихазер С. А.	1	29	Valyaeva O. V.	10	5
Никулова Н. Ю.	6	3	Тельнова О.	10	43	Zhuravlev A. V.	4	25
Носкова Н. Н.	1	20		10	46		10	16

Ответственный за выпуск: О. Котик

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

Компьютерная верстка: Р. А. Шуктомов

Свид. о рег. средства массовой информации ПИ № ФС77-75435 от 19.04.2019, выданное Роскомнадзором.
Отпечатано: 29.01.2020. Формат бумаги 60Ч84 1/8. Печать RISO. Усл. п. л. 5,5. Тираж 140. Заказ 1127.
Учредитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (ФИЦ Коми НЦ УрО РАН).
Редакция, издательство, типография: издательско-информационный отдел Института геологии имени академика Н. П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН).
Адрес: 167982, Республика Коми, Сыктывкар, Первомайская, 54. Тел .: (8212) 24-51-60. Эл. почта: *vestnik@geo.komisc.ru*
На обложке использованы фото Н. Ковальчук, Е. Кушмановой, Ю. Голубевой, Ю. Глухова