



Вестник

Декабрь 2016 г., № 12 (264)



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

Содержание

Научные статьи

- | | |
|---|---|
| Петрогенезис и геодинамика
позднедокембрийских вулканитов
Северо-Западного Пай-Хоя
<i>Т. А. Канева</i> 3 | Петрографические особенности верхнефранских
вулканокластических граувакк окрестностей озера
Ялангаскуль (Западно-Магнитогорская зона Южного Урала)
<i>А. М. Фазлиахметов, М. Ю. Аржавитина, А. А. Гилязов</i> 23 |
| Позднеголоценовые мелкие млекопитающие
из местонахождений долины реки Шарью
(гряда Чернышева)
<i>И. В. Кряжева, Д. В. Пономарев,
Т. ван Кольфсхотен, Й. ван дер Плихт</i> 16 | Прижизненные захоронения морских донных сообществ
в венлокских штормовых отложениях на поднятии Чернова
<i>Т. М. Безносова, В. Ю. Лукин, В. А. Матвеев</i> 31 |
| | Термометрия циркона из гранитоидов Приполярного Урала
<i>Ю. В. Денисова</i> 37 |

Хроника, события, факты

- | | |
|--|--|
| Вниз по Волонге — к дельте девонской реки 45 | В зеркале прессы 54 |
| Геологическое достояние республики. Все о кварце 49 | Самый редкий элемент (к юбилею И. В. Козылевой) 55 |
| Черты кристаллографии XXI века на Первом
Российском кристаллографическом конгрессе 51 | Указатель материалов, опубликованных
в <i>Вестнике</i> в 2016 году 56 |
| Биостратиграф, палеонтолог и палеоэколог 53 | Авторский указатель 60 |

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 — 2016:

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



Дорогие коллеги, с Рождеством и Новым годом!
Пожалуйста, примите поздравления от журнала «Вестник».
Благодарим всех за постоянную помощь
и поддержку нашего журнала.
Ждем вас с интересными статьями и новыми открытиями!

Главный редактор
академик А. М. Асхабов



December, No. 12 (264), 2016

Vestnik

Institute of Geology of Komi Science Center of Ural Branch RAS

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

Content

Scientific articles

- | | | | |
|--|----|---|----|
| Petrogenesis and geodynamics of volcanic rocks late precambrian the northwest Pay-Khoy
<i>T. A. Kaneva</i> | 3 | Petrographical features of Upper Frasnian volcanoclastic graywackes in Jalangaskul region (West-Magnitogorsk zone of South Ural)
<i>A. M. Fazliakhmetov, M. J. Arzhavitina, A. A. Gilyazov</i> | 23 |
| Late holocene small mammals from localities of Sharyu river valley (Chernyshev's ridge)
<i>I. V. Kryazheva, D. V. Ponomarev, T. van Kolfshoten, J. van der Plicht</i> | 16 | In-situ burials of benthic communities in Wenlock storm sediments of the Chernov Swell
<i>T. M. Beznosova, V. Yu. Lukin, V. A. Matveev</i> | 31 |
| | | Temperature survey of zircon from the granitoids of the Subpolar Urals
<i>Yu. V. Denisova</i> | 37 |

Chronicle, events, facts

- | | | | |
|---|----|---|----|
| Rafting the Volonga River down to the Devonian delta | 45 | Biostratigraphist, paleontologist and paleoecologist..... | 53 |
| Geological heritage of Republic. All about quartz | 49 | Media mirror..... | 54 |
| 21 st century crystallography outlines at the First Russian Crystallography Congress | 51 | The rarest element (Kozyreva's Jubilee) | 55 |

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

2016 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. Voytekhevsky, Apatity, Russia
Alexey D. Gvishiani, Moscow, Russia
Nikolay N. Gerasimov, Syktyvkar, Russia
Irina V. Kozyreva, Syktyvkar, Russia
Marko Komac, Ljubljana, Slovenia
Rustam I. Koneev, Tashkent, Uzbekistan
Viktor A. Koroteev, Ekaterinburg, Russia

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



Dear Colleagues, Merry Christmas and Happy new year!
Please accept the greeting from Journal of Vestnik.
Thank you all for your continued help and support
to our journal. If you have any unpublished papers,
please feel free to contact us!

Best regards
Chief Editor academition
A. Askhabov and team



ПЕТРОГЕНЕЗИС И ГЕОДИНАМИКА ПОЗДНЕДОКЕМБРИЙСКИХ ВУЛКАНИТОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПАЙ-ХОЯ

Т. А. Канева

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

ta_kaneva@mail.ru

До настоящего времени позднедокембрийские магматические образования в составе Амдерминского блока Пай-Хоя в плане минерального и химического составов, их эволюции и палеогеодинамической позиции были недостаточно изучены. В работе приводятся результаты изучения позднедокембрийских магматических образований Северо-Западного Пай-Хоя. Были использованы методы оптической и электронной микроскопии, химического и изотопного анализа. Установлено, что позднедокембрийские магматические образования Северо-Западного Пай-Хоя формировались в островодужной надсубдукционной обстановке и обстановке задугового спрединга. Геологические, петрографические и петрогеохимические данные свидетельствуют о существовании двух пространственно разобщенных палеодуг. Породы морозовской свиты представляют собой фрагменты позднерифейской Морозовской палеоостровной дуги и области задугового спрединга, а вулканы сокольнинской свиты являются реликтами более молодой Сокольнинской палеоостровной дуги рифейско-вендского возраста. Фракционная кристаллизация являлась основным механизмом эволюции расплавов, из которых были сформированы магматические породы морозовской и сокольнинской свит.

Ключевые слова: зона субдукции, островная дуга, вулканогенные породы, клинопироксен, фракционная кристаллизация, Северо-Западный Пай-Хой.

PETROGENESIS AND GEODYNAMICS OF VOLCANIC ROCKS LATE PRECAMBRIAN THE NORTHWEST PAY-KHOY

T. A. Kaneva

Institute of Geology of Komi SC UD of RAS, Syktyvkar

Mineral and chemical composition of the Late Precambrian igneous rocks of northwestern Pay-Khoy, their evolution and paleogeodynamic position to date have been insufficiently studied. The results of the study of the Late Precambrian igneous rocks of northwestern Pay-Khoy are given in the publication. We used the methods of optical and electron microscopy, chemical and isotopic analysis. It was found that the Late Precambrian igneous rocks of northwestern Pay-Khoy were formed in the island-suprasubduction environment and back-arc spreading environment. Geological, petrographic and petrogeochemical data suggested the existence of two spatially separated island arcs. The rocks of morozovskaya suite recorded as early stage of island arc magmatism, and situation back-arc spreading, and sokolninskaya suite - developed stage. Fractional crystallization was the main mechanism of evolution of the melts from which Late Precambrian igneous rocks of northwestern Pay-Khoy were formed.

Keywords: subduction zone, island arc, volcanic rocks, clinopyroxene, fractional crystallization, Late Precambrian igneous rocks, northwestern Pay-Khoy.

Введение

В пределах западного склона Полярного Урала известны выходы вулканогенных пород рифейско-вендского возраста, выделяемые в составе единой островодужной бедамельской серии (RF₃—Vbd). Они распространены фрагментарно в пределах поднятий Оченырда, Манитанырда и Енганепэ. Докембрийские образования Северо-Западного Пай-Хоя, входящие в состав Амдерминского блока, по характеру разреза сопоставляются с полярно-уральскими доуралидами.

Стратиграфическая последовательность верхнерифейско-вендских вулканогенно-осадочных толщ в составе Амдерминского блока Пайхойского антиклинория до сих пор является предметом многочисленных дискуссий. До настоящего времени позднедокембрийские магматические образования в плане минерального и химического состава, их эволюции и условий формирования были недостаточно изучены.

Аналитические методы

Содержания породообразующих оксидов определялись традиционным весовым химическим методом в ЦКП «Геонаука» ИГ Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар) и анализировались рентгеноспектральным флуоресцентным методом в лаборатории Института геологии Коми НЦ РАН; разделение железа произведено методом мокрой химии.

Редкие и рассеянные элементы изучались методом масс-спектрометрии с индуктивно-связан-

ной плазмой (ISP—MS) во Всероссийском научно-исследовательском геологическом институте им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ) и в Институте геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН).

Химический состав порфировых вкрапленников клинопироксена был проанализирован на спектральном электронном микроскопе Tescan Vega 3 LMN с эдс X-MAX 50mm Oxford Instruments в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН (аналитик С. С. Шевчук).

Определения изотопного состава Sm-Nd проведены в Институте геологии и геохронологии докембрия Российской академии наук (ИГГД РАН) (аналитик В. М. Саватенков).

Геологическое положение докембрийских образований

На северо-западе Пай-Хоя расположен Амдерминский блок (рис. 1), в ядре которого на дневную поверхность выступает сложно устроенный комплекс пород, относимый к верхнему докембрию и несогласно перекрытый верхнекембрийско-ордовикскими отложениями [10, 14—16]. Блок представляет собой горст-антиклинорий, северо-восточное крыло которого сложено карбонатными отложениями верхнерифейско-вендской амдерминской свиты [9], а юго-западное — вулканогенно-осадочными (островодужными) и терригенными (орогенными) комплексами

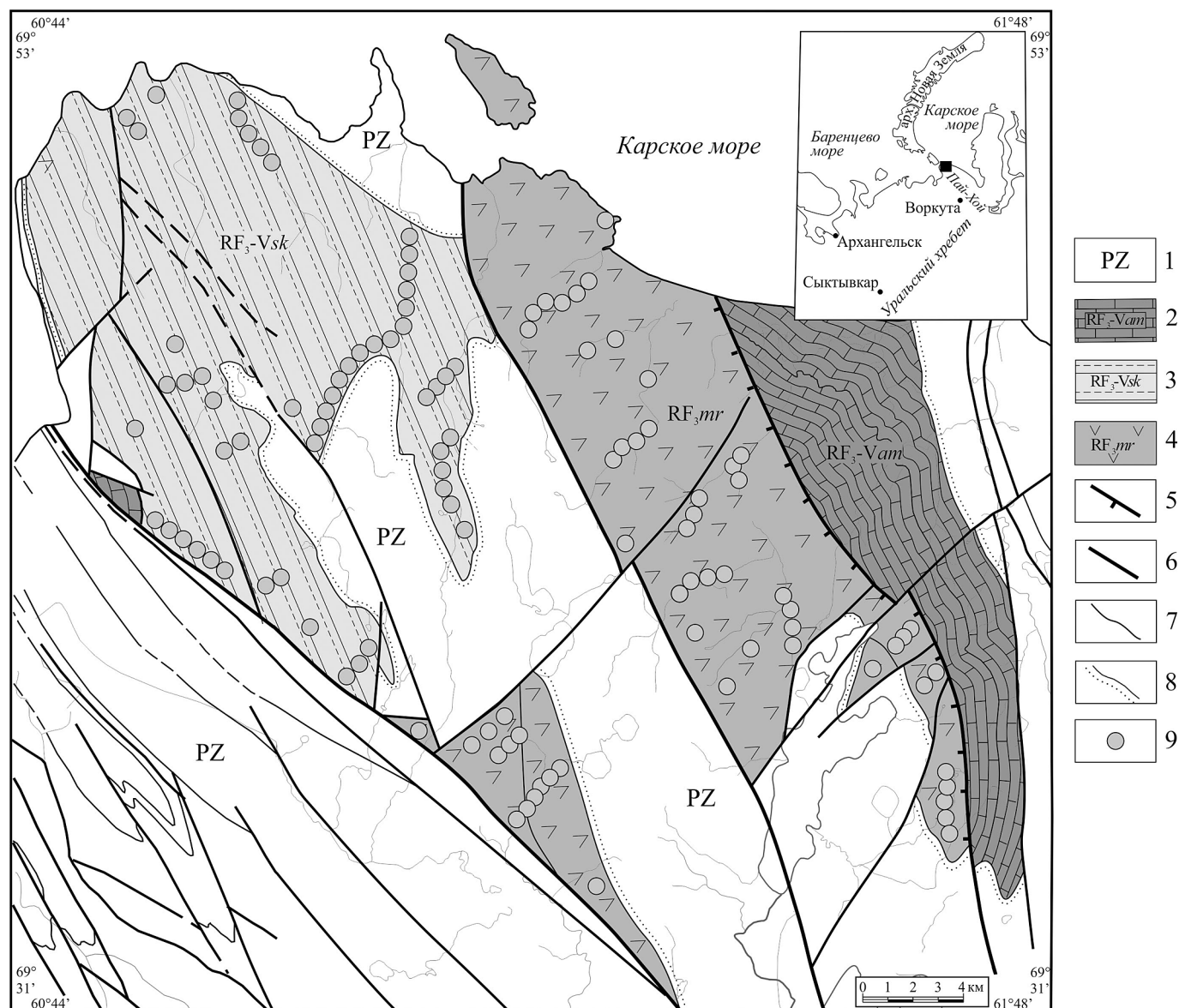


Рис. 1. Схема строения докембрийского выступа в составе Амдерминского блока (по материалам ГДП-200 ЗАО «Поляргео», 2015 г; Кузнецову А. Б. и др., 2016 с изменениями автора).

Условные обозначения: 1 — палеозойские отложения нерасчлененные; 2 — амдерминская свита (RF₃—Vam): кристаллические, микрофитолитовые известняки, редкие линзы кремней, тонкокристаллические углеродистые известняки; 3 — сокольнинская свита (RF₃—Vsk): песчаники, алевролиты, гравелиты, кремнистые сланцы, туфопесчаники, базальты, андезиты, риодациты, риолиты и их туфы, а также субвулканические образования; 4 — морозовская свита (RF₃mr): сланцы глинистые, кремнистые и углеродистые, известняки, доломиты, сланцы по кислым туфам, базальты, андезибазальты, андезиты, риодациты, их туфы, туфопесчаники, а также субвулканические образования; 5 — надвиги; 6 — разрывные нарушения; 7—8 — границы стратиграфических подразделений: 7 — согласные; 8 — несогласные; 9 — точки отбора проб

Fig. 1. Structural scheme of Precambrian bench (Amderminsky unit, north-western Pay-Khoy (based on CDP-200 CJSC «Polyargeo», 2015; by Kuznetsov et. al, 2016; with the author's changes).

Legend: 1 — undifferentiated Paleozoic deposits; 2 — amderminskaya suite (RF₃—Vam): crystalline, microphytolithic limestones, rare silica lenses, fine crystalline carbonaceous limestones; 3 — sokolninskaya suite (RF₃—Vsk): sandstones, siltstones, gravelites, silica shales, tuff sandstones, basalts, andesites, rhyodacites, rhyolites and their tuffs, subvolcanic formation; 4 — morozovskaya suite (RF₃mr): clay, silica and carbon shales, limestones, dolomites, shales on acidic tuffs, basalts, andesites, andesibasalts, rhyodacites, their tuffs, tuff sandstones, subvolcanic formation; 5 — thrusts; 6 — faults; 7—8 — boundaries of stratigraphic units: 7 — conformable, 8 — unconformable; 9 — sample points



пород верхнерифейской морозовской и верхнерифейско-вендской сокольнинской свит [5–8].

Стратиграфических переходов между породами выделяемых картируемых подразделений не выявлено, на большей части площади наблюдается смена с востока на запад пород карбонатной амдерминской свиты на вулканогенно-осадочные образования морозовской и сокольнинской свит. Все три свиты имеют между собой тектонические контакты. При проведении геологического картирования морозовская и сокольнинская свиты были разделены на подсвиты и выделены субвулканические образования.

Петрография

Позднедокембрийские магматические образования как морозовской, так и сокольнинской свит представлены разнообразными вулканогенными породами — эффузивными, эксплозивно-обломочными и субвулканическими.

В составе морозовской свиты присутствует широкий спектр пород — от трахибазальтов до трахиандезитов, их литокристаллокластические и кристаллолитокластические псефито-псаммитовые туфы, а также в подчиненном количестве — андезиты, дациты, риодациты и риолиты.

Породы основного состава характеризуются миндалекаменной текстурой, порфировой и сериально-гломеропорфиновой структурой и микролитовой, гиалопилитовой структурой основной массы. Порфиновые вкрапленники (до 35 об. %) представлены соссюритизированным плагиоклазом (0.1–2.2 мм) и клинопироксеном (0.4–3.2 мм) ряда эндиопсид—диопсид—авгит. Основная масса состоит из тончайших лейст и микролитов соссюритизированного плагиоклаза, эпидот-клиноцоизита, хлорита (пикнохлорита и диабантита), зерен авгита, иголок амфибола (актинолита, магнезильной роговой обманки, барруазита) и лейкоксена.

Андезиты и трахиандезиты имеют микрофилиальную текстуру, сериально-гломеропорфировую структуру и пилотакситовую структуру основной массы. Вкрапленники (20 об. %) нацело альбитизированного плагиоклаза размером 0.2–2 мм встречаются в виде отдельных табличек и гломеропорфировых сростков. Основная масса состоит из беспорядочно ориентированных тонких лейст альбитизированного плагиоклаза, чешуек хлорита и тонкозернистого агрегата карбонатного вещества.

Породы кислого состава характеризуются сериально-гломеропорфиновой структурой и ориентированной сланцеватой текстурой. Порфиновые вкрапленники составляют 15 об. % и представлены удлиненно-таблитчатыми зернами альбитизированного и слабосерицитизированного плагиоклаза (0.1–5 мм) и идиоморфными или округлыми зернами кварца (0.1–2.5 мм). Основная масса имеет сланцеватую текстуру и состоит из микрозернистого лепидогранобластового кварц-полевошпатового агрегата с небольшим количеством серицита.

Туфы обладают литокристаллокластической и кристаллолитокластической псефито-псаммитовой структурой и обломочной текстурой. Кристаллокласты представлены соссюритизированным плагиоклазом и

клинопироксеном. Литокласты угловатой и изометричной формы являются эффузивами основного состава с порфировой структурой и миндалекаменной текстурой, среднего состава с пилотакситовым строением, кислого состава с афировым и заметно реже мелкопорфировым строением.

Среди эффузивных пород основного состава в составе морозовской свиты в пределах блока Нядейпэ — Няруйпэ выделяется отличающаяся по составу толща, сложенная базальтоидами с микропорфировой и афировой структурой и микроминдалекаменной, реже атакситовой текстурой. Структура основной массы пород апоинтерсертальная. Единичные вкрапленники представлены альбитизированным и серицитизированным плагиоклазом (0.2–1 мм) и клинопироксеном (0.1–0.6 мм), нацело замещенным хлоритом. Основная масса состоит из лейст соссюритизированного плагиоклаза, интерстиции между которыми заполнены микрозернистым агрегатом лейкоксена, хлорита, эпидота и титаномагнетита.

Субвулканические образования морозовской свиты представлены базальтами, трахибазальтами, андезибазальтами и трахиандезибазальтами с обильнопорфировой и сериально-порфировой структурой и миндалекаменной или массивной текстурой. Порфиновые вкрапленники сложены соссюритизированными табличками и лейстами плагиоклаза (0.4–1.4 мм), их гломеропорфировыми сростками, призматическими зернами клинопироксена ряда эндиопсид — диопсид — авгит (до 60 % общего объема вкрапленников, 4–17 мм), в центре нередко замещенными волокнистым хлоритом (пикнохлоритом и рипидолитом), актинолитом, эпидотом, клиноцоизитом. В основной массе лепидонематогранобластовой структуры присутствуют мелкие лейсты альбита, чешуйки хлорита (пикнохлорита и диабантита) и серицита, иголки актинолита и магнезильной роговой обманки, скопления мелких зерен эпидота и клиноцоизита, мелкие ксеноморфные угловатые зерна титанита, апатит.

Вулканогенные породы в составе сокольнинской свиты представлены широким рядом пород — от андезибазальтов до риодацитов, а также кристаллолитокластическими и кристалловитрокластическими псефито-псаммитовыми туфами переменного состава.

Андезибазальты характеризуются сериально-гломеропорфиновой структурой и миндалекаменной, реже массивной текстурой. Вкрапленники представлены нацело альбитизированным и серицитизированным плагиоклазом и редкими зернами клинопироксена. Микролитовая основная масса, сложенная агрегатом альбита и хлорита с микросгусточками лейкоксена, нередко сохраняет реликтовую интерсертальную, микролитовую, пилотакситовую или гиалопилитовую структуру.

Трахиандезиты и андезиты имеют сериально-гломеропорфировую структуру и ориентированную текстуру. Вкрапленники представлены альбитизированным, слабохлоритизированным и соссюритизированным плагиоклазом размером 0.2–2.5 мм и редкими зернами клинопироксена размером 0.3–1 мм. Основная масса сложена тонкозернистым агрегатом альбита и хлорита, иногда в ней видны элементы реликтовой интерсертальной структуры.

Породы кислого состава имеют порфировую структуру с лепидогранобластовой реликтовой фельзитовой и микропиклитовой структурами основной массы и нечетко-флюидальную, сланцеватую текстуру. Вкрапленники представлены серицитизированным плагиоклазом удлиненно-таблитчатой формы и кварцем с отчетливыми ровными, порой оплавленными краями. Основная масса с реликтовой фельзитовой и участками микропиклитовой структурой сложена микро- и тонкозернистым агрегатом альбита и кварца с небольшим количеством ориентированных чешуек серицита, подчеркивающих сланцеватость.

Кристаллолитокластические псефито-псаммитовые туфы имеют ориентированную текстуру. Литокластический материал представлен изометричными и вытянутыми обломками афировых и порфировых вулканитов кислого, среднего и основного состава. Во вкрапленниках встречаются зерна альбитизированного плагиоклаза, реже кварца и альбитизированного калиевого полевого шпата.

Кристалловитрокластические алевропелитовые туфы имеют реликтовую слоистую и вторичную сланцеватую текстуру. Породы подверглись послонной карбонатизации и альбитизации, но сохранили мелкообломочное строение и состоят из сохранившего первичную форму кластического пеплового материала и близкого по составу цемента.

Особенности состава клинопироксена

Клинопироксены являются наиболее хорошо сохранившимися, слабо затронутыми вторичным преобразованием порообразующими минералами в из-

ученных магматических породах. Нами были исследованы клинопироксены из базальтов и андезибазальтов покровной фации морозовской свиты и морозовских субвулканических образований, а также из андезибазальтов сокольнинской свиты.

Все изученные клинопироксены относятся к подсемейству кальциевых пироксенов. Вкрапленники базальтов и андезибазальтов покровной фации морозовской свиты, так же как и морозовских субвулканических образований, представлены эндиопсидом, диопсидом и авгитом, зерна основной массы — авгитом. Клинопироксен во вкрапленниках андезибазальтов сокольнинской свиты определяется как эндиопсид, в дацитах — авгит.

В целом состав клинопироксена в вулканитах контролируется составом исходных магматических расплавов и по нему можно судить о составе исходной магмы [26].

Во вкрапленниках клинопироксена в базальтоидных морозовской свиты и морозовских субвулканических образований от центра к краям зерен отмечается уменьшение содержаний SiO_2 и MgO , CaO и увеличение содержаний Al_2O_3 , FeO (рис. 2, а—г). Такой тренд изменения составов соответствует нормальному ходу дифференциации расплава в процессе фракционной кристаллизации при достаточно высоком водном давлении [22], а также низкой для расплава активности кремнезема, которая способствует встраиванию алюминия в решетку клинопироксена [21]. Повышенная железистость каём вкрапленников и микролитов основной массы указывает на быстрое падение температуры в ходе кристаллизации расплава, что может иметь место, когда после быстрого подъема магмы

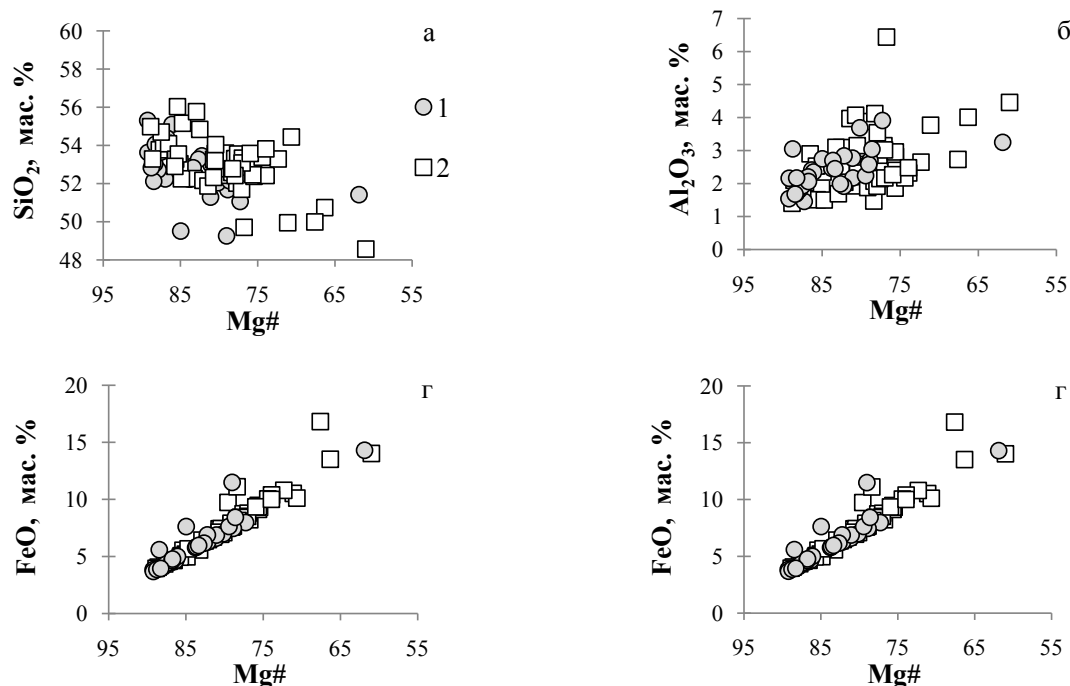


Рис. 2. Вариационные диаграммы зависимости содержания минералообразующих оксидов от магнезиальности ($\text{Mg\#} = \text{Mg} \cdot 100 / (\text{Mg} + \text{Fe})$) для клинопироксенов. Составы клинопироксенов из базальтоидов: 1 — субвулканических и 2 — покровных образований морозовской свиты

Fig. 2. Variation diagrams of mineral-oxide content with respect to the magnesia ($\text{Mg\#} = \text{Mg} \cdot 100 / (\text{Mg} + \text{Fe})$) for volcanic rocks of late Precambrian of northwest Pay-Khoy. Pyroxene compositions volcanic rocks from: 1 — subvolcanic and 2 — cover coat education of morozovskaya suite

Таблица 1

Представительные химические составы позднедокембрийских магматических образований Северо-Западного Пай-Хоя, мас. %

Table 1

Chemical compositions of Late Precambrian magmatic formations of northwestern Pay-Khoy, wt. %

№ обр.			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	ППП	Сумма	K ₂ O/Na ₂ O
4913/3	1	Субвулканические образования морозовской свиты	50.94	0.37	14.92	1.97	5.74	0.12	10.44	7.46	3.07	1.13	0.06	3.77	99.99	0.41
4915/6	1		48.27	0.54	18.29	2.66	6.48	0.16	8.73	4.77	3.23	1.88	0.05	4.94	100	0.68
2741-01	1		51.24	0.36	13.88	1.36	7.67	0.17	6.13	6.98	5.87	0.05	0.082	4.57	99.12	0.84
4708/1	2		56.57	0.48	6.6	3.53	5.34	0.14	11.67	6.97	4.8	0.42	0.13	3.35	100	0.69
4720/1	1		50.67	0.33	8.63	0.21	6.85	0.17	14.47	12.53	2.01	0.03	0.05	3.07	100	0.16
4914/3	1	Морозовская свита	48.75	0.48	18.41	2.5	8.62	0.1	8.85	2.36	3.96	1.03	0.04	5.18	100.28	1.68
4918/1	1		51.36	0.31	15.01	0.67	5.15	0.12	5.37	8.1	5.09	1.25	0.14	7.42	99.99	0.63
4920/8	1		50.51	0.58	15.89	1.6	6.59	0.14	7.37	5.71	4.68	1.19	0.14	5.59	99.99	0.82
4921/5	1		50.93	0.65	19.49	1.36	7.21	0.12	6.47	3.7	5.45	0.21	0.12	4.27	99.98	1.47
4825 А	1		48.79	0.49	14.54	0.41	6.24	0.11	10.38	6.38	2.76	0.64	0.09	9.17	100	0.43
4922/2	3		56.96	0.78	17.04	1.02	5.27	0.08	1.92	4	7.82	0.09	0.16	4.84	99.98	1.96
4460/1	2		52.36	0.58	16.98	1.89	7.63	0.17	5.45	5.12	5.94	0.23	0.07	3.58	100	1.16
4495/5	3		62.36	0.25	8.75	2.46	5.6	0.15	7.54	5.39	3.23	0.72	0.03	4.56	101.04	0.60
4810	2		54.59	0.63	12.35	2.93	4.4	0.12	8.8	5.33	4.21	0.01	0.17	6.44	99.98	0.79
4521/2	1		49.76	0.8	14.59	3.87	7.05	0.18	7.51	6.77	4	0.59	0.13	4.75	100	0.59
4494/5	1		51.04	3.41	11.91	7.92	6.13	0.17	5.18	4.63	5.39	0.05	0.44	3.71	99.98	1.16
4810/3	1		50.6	2.82	10.03	7.17	5.91	0.17	7.92	6.98	4.5	0.24	0.24	3.43	100.01	0.64
4521/1	1		48.09	2.27	12.69	10.86	4.31	0.14	7.76	5.48	4.11	0.02	0.18	4.1	100.01	0.75
4522/2	1		47.28	2.11	10.8	4.89	7.75	0.17	10.8	7.59	2.68	0.25	0.16	4.47	98.95	0.35
4498/8	1		46.24	2.83	14.73	5.33	8.31	0.14	8.8	3.56	3.52	0.58	0.42	5.53	99.99	0.99
4805	3	Сокольниковская свита	61.13	0.48	12.54	1.14	2.98	0.16	2.21	6.41	5.57	1.38	0.11	5.89	100	0.87
4805/5	3		61.65	0.51	17.41	1.28	4.01	0.08	3.72	1.24	5	1.43	0.13	3.53	99.99	4.03
4904/1	4		65.49	0.56	13.83	1.91	3.82	0.15	3.26	1.18	5.56	1.55	0.13	2.56	100	4.71
4474/7	2		52.66	0.77	16.27	2.24	6.42	0.16	6.25	6.02	3.76	1.01	0.09	3.33	98.98	0.62
4017/1	4		68.78	0.36	10.72	2.11	3.11	0.16	3.5	1.34	3.84	3.36	0.11	2.6	99.99	2.87
4468/1	3		56.44	0.79	17.1	1.92	5.46	0.15	3.83	3.91	5.65	1.57	0.12	3.06	100	1.45
4482/1	2		52.61	0.46	12.88	2.43	7.83	0.2	8.89	6.25	1.99	1.41	0.06	4.97	99.98	0.32
4900/4	5		54.27	0.47	10.75	2.22	7.98	0.2	8.15	7.69	3.67	0.6	0.07	3.92	99.99	0.48

Примечание: 1 – базальты, трахибазальты, 2 – андезибазальты, трахиандезибазальты, 3 – андезиты, трахиандезиты, 4 – дациты, 5 – туфы.

Таблица 2

Представительные химические составы позднедокембрийских магматических образований Северо-Западного Пай-Хоя, г/т

Table 2

Chemical compositions of Late Precambrian magmatic formations of northwestern Pay-Khoy, ppm

№ пробы	4913/3	2741-01	4720/1	4918/1	4920/8	4921/5	4460/1	4495/5	4810	4521/2	4810/3	4521/1	4805	4904/1	4474/7	4482/1	4900/4
	Субвулканические образования морозовской свиты			Морозовская свита							Сокольнинская свита						
V	216,26	232,00	164	218,66	250,60	404,34	356,00	155	178	365	277	207	113,00	121,68	220,00	293,00	303,14
Cr	365,52	865,00	1070	53,17	46,67	25,97	36,10	350	24,50	31,20	313	461	27,50	2,90	66,40	316,00	259,96
Co	25,78	61,10	51,30	33,42	29,89	28,26	36,80	29,00	19,30	41,70	49,40	70,10	11,30	10,16	30,80	45,10	45,18
Ni	124,24	295,00	109	52,61	30,60	19,88	17,70	98,80	19,10	24,00	120	465	6,04	0,61	27,30	47,40	39,29
Zn	45,24	72,60	45,10	97,23	168,89	151,34	67,40	57,90	57,90	78,20	125	91,70	58,90	8,30	71,60	68,30	126,31
Ga	68,05	13,00	6,48	58,73	66,69	87,71	14,00	12,20	12,30	16,20	19,10	14,80	12,50	97,78	16,30	12,60	87,61
La	2,49	1,93	2,61	3,99	3,65	1,75	2,74	1,76	8,74	11,20	13,40	9,79	12,40	11,44	5,84	4,78	4,19
Ce	6,00	5,16	5,55	9,69	8,58	4,89	6,97	3,97	18,90	21,60	33,10	22,50	27,40	25,88	13,80	10,60	9,37
Pr*	0,87	0,82	0,82	1,43	1,30	0,86	1,10	0,51	2,44	2,99	4,46	3,28	3,42	3,39	1,98	1,45	1,26
Nd	4,26	4,18	3,71	6,91	6,46	4,92	4,96	2,01	11,50	13,70	22,80	15,30	15,10	14,48	8,70	6,95	5,95
Sm	1,19	1,20	0,97	1,85	1,98	1,59	1,37	0,70	2,34	3,60	5,75	4,36	3,80	3,49	2,61	1,70	1,48
Eu	0,37	0,41	0,29	0,56	0,66	0,68	0,51	0,22	0,67	1,22	1,98	1,48	1,02	0,86	0,77	0,56	0,47
Gd*	1,53	1,17	1,09	2,09	2,66	2,13	1,55	0,79	2,33	3,60	6,62	4,85	4,09	3,75	2,71	1,89	1,88
Tb	0,24	0,22	0,21	0,31	0,41	0,34	0,28	0,13	0,34	0,59	0,92	0,81	0,59	0,62	0,48	0,29	0,29
Dy*	1,66	1,44	1,29	2,07	2,66	2,20	1,89	0,94	2,13	3,53	5,39	4,59	4,37	4,13	3,42	2,21	1,98
Ho*	0,36	0,33	0,25	0,45	0,59	0,49	0,43	0,21	0,44	0,74	0,94	0,84	0,86	0,91	0,85	0,50	0,44
Er*	1,04	0,96	0,80	1,29	1,75	1,45	1,15	0,69	1,22	2,09	2,63	1,95	2,87	2,76	2,54	1,44	1,30
Tm*	0,16	0,14	0,12	0,18	0,27	0,20	0,16	0,12	0,20	0,29	0,35	0,25	0,44	0,43	0,33	0,17	0,19
Yb	1,02	0,93	0,75	1,32	1,86	1,40	1,24	0,76	1,42	1,97	2,12	1,26	3,04	3,12	2,22	1,49	1,37
Lu	0,14	0,15	0,10	0,17	0,26	0,17	0,18	0,13	0,18	0,29	0,28	0,15	0,47	0,43	0,39	0,20	0,18
Sr	197,58	98,20	26,30	130,13	124,58	254,21	147	71,60	93,40	1030	348	223	197	149,94	705	52,20	106,58
Rb	11,86	2,00	2,00	14,57	9,66	2,28	2,93	9,29	2,00	6,41	3,87	2,00	19,90	24,74	17,70	16,90	7,12
Ba	200,20	74,90	13,70	308,14	371,16	153,74	157	155	24,50	200	35,80	27,80	470	234,05	241	331	139,56
Th	0,33	0,66	0,49	0,30	0,26	0,12	0,40	0,21	1,32	1,54	1,07	0,66	2,46	2,41	1,10	0,58	0,46
Ta	0,08	0,10	0,08	0,02	0,07	-0,01	0,10	0,10	0,20	0,10	0,99	0,55	0,21	0,24	0,17	0,10	0,14
Nb	0,79	1,06	0,97	0,64	1,30	0,40	0,53	1,04	4,25	1,47	18,90	11,80	4,27	3,87	2,38	0,80	1,12
Zr	19,22	31,60	24,50	23,43	32,29	11,33	14,80	15,80	55,00	35,80	158	46,30	98,20	110,79	65,60	24,70	25,30
Hf	0,50	0,92	0,65	0,61	0,90	0,36	0,60	0,51	1,57	1,23	3,91	1,73	2,98	2,79	1,91	0,86	0,73
Y	8,14	8,65	7,77	9,91	13,81	11,40	11,00	6,16	12,40	20,30	26,20	20,60	26,10	22,44	21,70	13,10	10,77

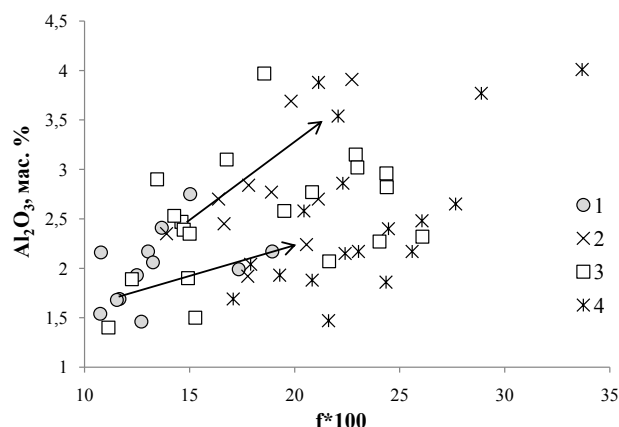


Рис. 3. Состав клинопироксенов из позднедокембрийских вулканитов Северо-Западного Пай-Хоя в координатах f – Al_2O_3 . Условные обозначения: 1 — центр и 2 — край вкрапленников из субвулканических образований морозовской свиты; 3 — центр и 4 — край вкрапленников из вулканитов морозовской свиты; $f = (\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+})/(\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{Mg}^{2+})$ — железистость. Стрелка указывает на увеличение общей железистости от центра к краю

Fig. 3. The clinopyroxene composition from volcanic rocks of late Precambrian of northwest Pay-Khoy in coordinates f vs. Al_2O_3 . Symbols: 1 — core and 2 — rim of phenocrysts of volcanic rocks of subvolcanic education morozovskaya suite; 3 — core and 4 — rim of phenocrysts of volcanic rocks morozovskaya suite; $f = (\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+})/(\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{Mg}^{2+})$ — ferruginosity. The arrow indicates the increase of the total iron content from the center to the edge

формирование каём фенокристаллов и микролитов происходит уже в близповерхностных условиях.

В целом для клинопироксенов из эффузивных базальтоидов морозовской свиты характерны повышенные концентрации FeO и пониженные содержания CaO по сравнению с клинопироксенами из морозовских субвулканических образований, что связано с более низкой температурой кристаллизации вулканитов покровной фации (рис. 2).

В основном вкрапленники клинопироксенов из всех рассмотренных вулканитов характеризуются прямой зональностью, во всех случаях железистость краевых зон возрастает. Этому соответствует и более железистый состав клинопироксенов основной массы (рис. 3).

Химический состав пород

Вулканические породы покровной фации морозовской свиты характеризуются широким спектром составов — от умеренно-щелочных пикробазальтов до низкощелочных риодацитов (табл. 1). По содержанию кремнезема (43.22–78.79 % SiO_2) и суммы щелочей ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 2.36\text{--}8.15\%$) породы классифицируются как пикробазальты умеренной щелочности, основные пикробазальты, базальты, трахибазальты, андезибазальты, трахиандезибазальты, андезиты, трахиандезиты, дациты, трахидациты, риодациты и низкощелочные риодациты. Составы основных вулканитов являются преимущественно породами субщелочной серии, а средние и кислые относятся к серии нормальной щелочности.

Вулканиды морозовской свиты, входящие в состав блока Нядейпэ — Няруйпэ, представлены пикробазальтами умеренной щелочности, базальтами, трахибазальтами и трахиандезибазальтами ($\text{SiO}_2 = 44.47\text{--}53.36\%$, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 1.78\text{--}6.95\%$).

Породы, которыми сложены морозовские субвулканические образования, относятся к семействам пикробазальтов, базальтов, трахибазальтов, андезибазальтов и трахиандезибазальтов ($\text{SiO}_2 = 41.27\text{--}55.77\%$, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 2.04\text{--}6.53\%$).

Породы морозовской свиты и морозовских субвулканических образований характеризуются калиево-натриевым и натриевым типами щелочности ($\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 0.01\text{--}2.13$). По содержанию TiO_2 (0.27–1.03 %) они являются низкотитанистыми.

Вулканиды блока Нядейпэ — Няруйпэ являются преимущественно натриевыми породами ($\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 0.01\text{--}0.62$). Они характеризуются заметно повышенной титанистостью ($\text{TiO}_2 = 1.2\text{--}3.41\%$).

Эффузивные вулканиты и туфы сокольнинской свиты по химическому составу соответствуют базальтам, андезибазальтам, трахиандезибазальтам, андезитам, трахиандезитам, трахитам, дацитам, трахидацитам, риодацитам и низкощелочным риодацитам, образуя непрерывно дифференцированную серию ($\text{SiO}_2 = 48.59\text{--}75.74\%$, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 2.98\text{--}10.43\%$). Вулканиды характеризуются калиево-натриевым и натриевым типами щелочности ($\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 0.01\text{--}1.81$) и низкой титанистостью ($\text{TiO}_2 = 0.33\text{--}0.76\%$, единичная проба 1.1 %).

Четкое различие вулканитов морозовской и сокольнинской свит выражено в их нормативном составе. Базальтоиды морозовской свиты являются недосыщенными кремнеземом оливин-нормативными породами, а сокольнинской — кварц-нормативными.

Вариационные диаграммы А. Харкера (рис. 4) иллюстрируют близость эволюции составов вулканитов морозовской и сокольнинской ассоциаций. Фигуративные точки составов пород образуют практически единые тренды, характеризующиеся ростом содержаний SiO_2 и Al_2O_3 и снижением FeO и CaO с падением MgO. Такие закономерности свидетельствуют о том, что рассматриваемые серии пород формировались при кристаллизационной дифференциации, являющейся одним из главных процессов в эволюции магматических пород [19]. Закономерное снижение содержаний в породах FeO, CaO и MgO в ходе дифференциации предполагает фракционирование клинопироксена [2], что подтверждается наличием порфировых вкрапленников этого минерала в изученных породах.

Вулканиды морозовской свиты, развитые в пределах блока Нядейпэ — Няруйпэ, значительно отличаются по составу от вулканитов основной площади развития свиты более высокой титанистостью и ростом железистости при уменьшении магнезиальности пород (рис. 4, б, в).

Концентрации и характер распределения элементов-примесей дают дополнительную информацию для сопоставления рассматриваемых пород. Вулканиды морозовской свиты и соответствующие им субвулканические породы характеризуются невысокими суммарными содержаниями редкоземельных элементов (REE) — 10–107 г/т и 19–29 г/т соответственно. В большинстве пород отмечается слабое обогащение

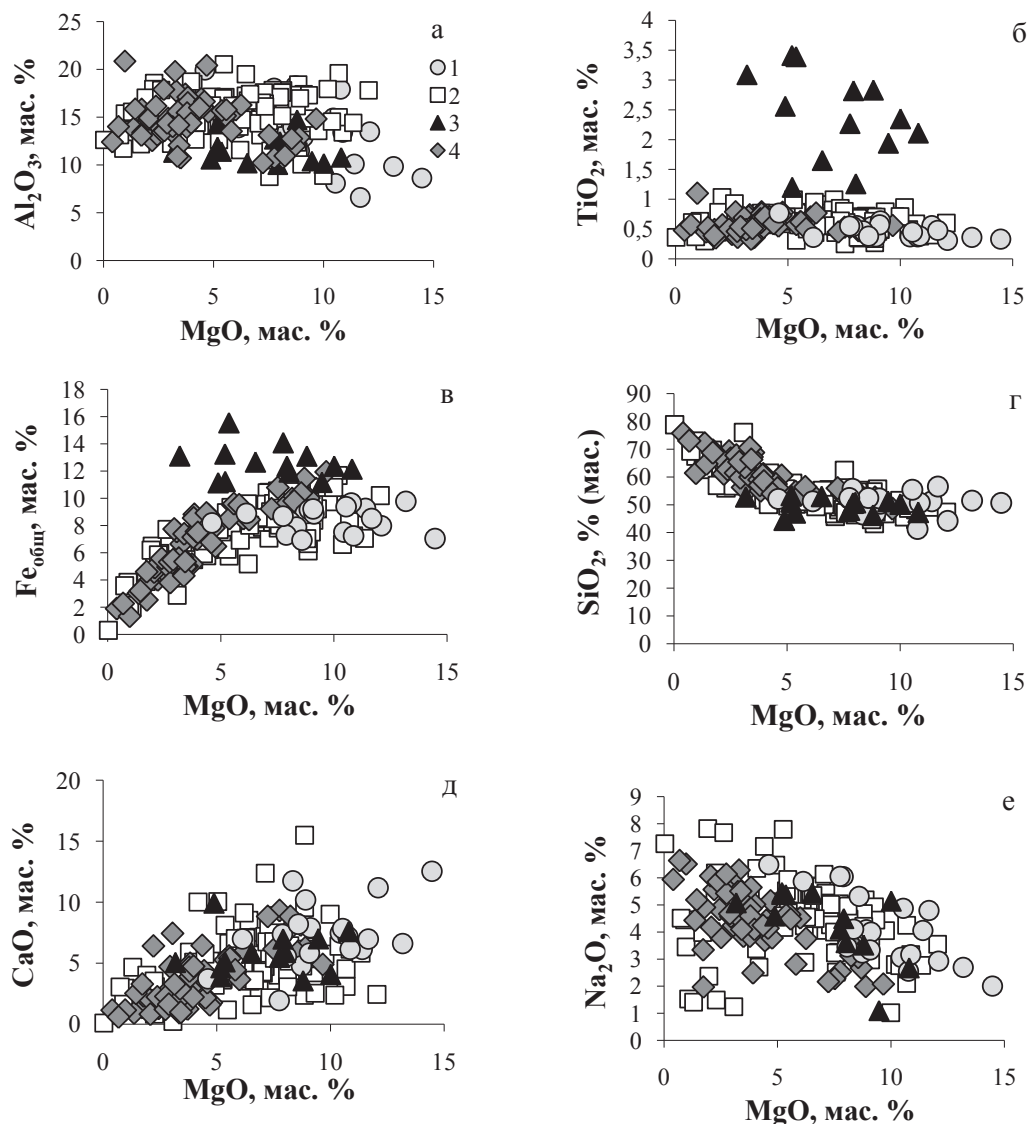


Рис. 4. Диаграммы Харкера [24] для позднедокембрийских вулканитов Северо-Западного Пай-Хоя. Условные обозначения: 1 — субвулканические образования морозовской свиты; 2 — покровные вулканиты морозовской свиты; 3 — вулканиты блока Нядейпэ — Няруйпэ морозовской свиты; 4 — покровные вулканиты сокольниковской свиты

Fig. 4. Harker diagrams [24] for volcanic rocks of late Precambrian of northwest Pay-Khoy. Symbols: 1 — subvolcanic education of morozovskaya suite; 2 — cover coat volcanic rocks of morozovskaya suite; 3 — volcanic rocks unit Nydeipe — Nyruipe of morozovskaya suite; 4 — cover coat volcanic rocks of sokolninskaya suite

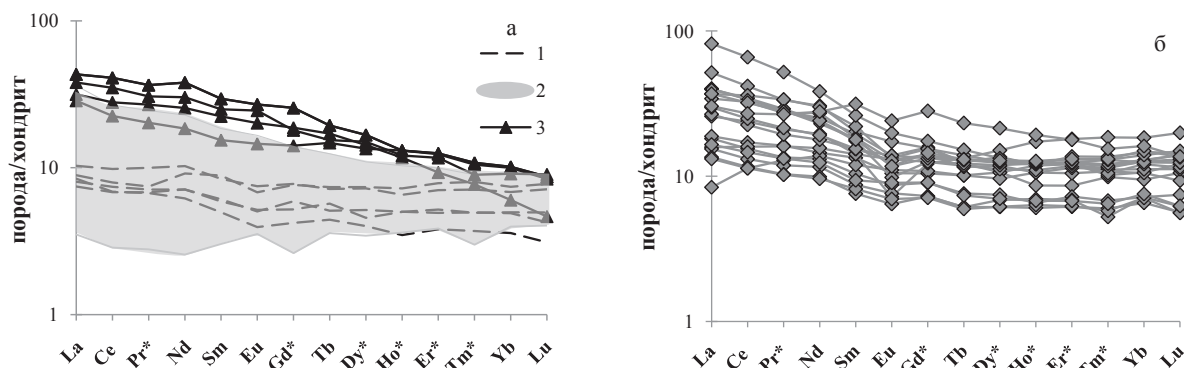


Рис. 5. Графики распределения REE для вулканических пород морозовской (а) и сокольниковской (б) свит и соответствующих субвулканических пород. Концентрации REE нормированы к составу хондрита CI [20]. Условные обозначения: 1 — субвулканические образования морозовской свиты; 2 — покровные вулканиты морозовской свиты; 3 — вулканиты блока Нядейпэ — Няруйпэ морозовской свиты

Fig. 5. REE distribution for volcanic rocks of morozovskaya (a) and sokolninskaya suite (b) and related subvolcanic rocks. The concentrations normalized to chondrite composition [20]. Symbols: 1 — subvolcanic education of morozovskaya suite; 2 — cover coat volcanic rocks of morozovskaya suite; 3 — volcanic rocks unit Nydeipe — Nyruipe of morozovskaya suite



LREE (рис. 5, а). Величина La_N/Yb_N составляет 0.8—4.2 в покровных вулканитах и 1.2—2.4 в субвулканических. Для всех пород не характерен дефицит европия, Eu_N/Eu_N^* варьирует в диапазоне 0.7—1.3 в покровных и 0.8—1.14 в субвулканических породах.

Высокотитанистые базальты морозовской свиты, развитые в блоке Нядейпэ — Няруйпэ, характеризуются более высокими суммарными содержаниями REE — 60—266 г/т. Для них характерно более сильное обогащение LREE относительно HREE ($La_N/Yb_N = 2.86—5.24$).

Суммарная концентрация REE в вулканитах сокольнинской свиты и соответствующих субвулканических образованиях в целом немного выше (30—131 г/т) по сравнению с таковой в морозовских вулканитах; в большинстве проб отмечается умеренное обогащение LREE (рис. 5, б), величина La_N/Yb_N варьирует от 0.80 до 6.51. В породах наблюдается четко проявленный небольшой дефицит Eu ($Eu_N/Eu_N^* = 0.55—0.98$), свидетельствующий о том, что в расплаве происходила отсадка плагиоклаза, в который европий обычно входит в виде изоморфной примеси.

В распределении литофильных элементов-примесей в вулканитах основного поля развития морозовской свиты и их субвулканических аналогах отмечаются относительно повышенные содержания крупноионных элементов (Rb, Ba, Sr, Th) и низкие концентрации высокочargedных (Hf, Zr, HREE), отчетливо проявлен Ta-Nb-минимум (рис. 6, а). Высокотитанистые базальты морозовской свиты (блок Нядейпэ — Няруйпэ) более обогащены высокочargedными элементами, для них не характерен дефицит Ta и Nb (рис. 6, а).

Распределение литофильных элементов-примесей в вулканитах сокольнинской свиты и связанных с ними субвулканических телах однотипное для всех изученных пород. Оно характеризуется повышенными содержаниями крупноионных элементов (K, Rb, Ba, Th) и низкими высокочargedных (Hf, Zr, HREE), отчетливо проявлен дефицит Ta и Nb (рис. 6, б).

Геодинамическая интерпретация геохимических данных

Особенности химического состава пород могут быть использованы для реконструкции геодинамических обстановок их формирования. Так, обогащен-

ность вулканических пород, развитых в пределах основного поля морозовской свиты, и вулканитов сокольнинской свиты крупноионными элементами и обедненность высокочargedными свидетельствуют о том, что магматический расплав, из которого кристаллизировались породы, формировался в надсубдукционной островодужной обстановке [17]. Более высокие концентрации крупноионных элементов в породах сокольнинской свиты и связанных с ними субвулканических образованиях по сравнению с породами морозовской свиты свидетельствуют о том, что сокольнинские породы были образованы в обстановке более зрелой островной дуги.

Вулканы морозовской свиты из блока Нядейпэ — Няруйпэ отличаются от островодужных образований заметно более высокими содержаниями высокочargedных элементов. Выплавление таких расплавов могло происходить в зоне задугового спрединга [17].

На диаграммах, применяемых для реконструкции геодинамических обстановок базальтоидов, фигуративные точки пород основного состава морозовской свиты (ее главного района распространения), сокольнинской свиты и связанных с ними субвулканических образований попадают в поля островодужных пород, а точки составов высокотитанистых базальтов блока Нядейпэ — Няруйпэ — в поля базальтов срединно-океанических хребтов (рис. 7, а), обогащенных базальтов срединно-океанических хребтов (E-MORB) (рис. 7, б) или базальтов океанических островов, похожих по химическому составу на E-MORB (рис. 7, в).

Концентрации когерентных элементов, таких как хром и никель, совместимые для оливина, ортопироксена и клинопироксена, уменьшаются с увеличением степени дифференциации расплава, а несовместимые, например цирконий и гафний, накапливаются при фракционной кристаллизации, как было показано для природных и модельных составов Ключевского вулкана [1]. Такая тенденция четко прослеживается в базальтах морозовской (эффузивной и субвулканической фаций) и сокольнинской свит (рис. 8, а—г).

Величины ϵNd , определенные для вулканитов морозовской и сокольнинской свит, очень близки — 4.4—7.2 и 4.3—6.4 соответственно. Они ниже таковых мантийного резервуара DM (деплетированная мантия), из которого образуются расплавы срединно-океанических хребтов, и примерно соответствуют резер-

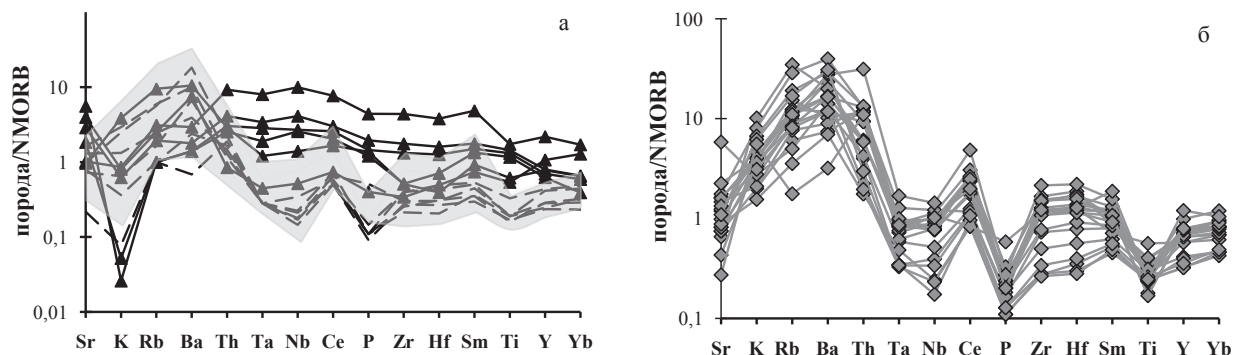


Рис. 6. Спектры распределения элементов-примесей для вулканитов морозовской (а) и сокольнинской (б) свит. Условные обозначения на рис. 5

Fig. 6. Distribution of trace elements for volcanic rocks of morozovskaya (a) and sokolninskaya suite (b). Symbols as in Fig. 5

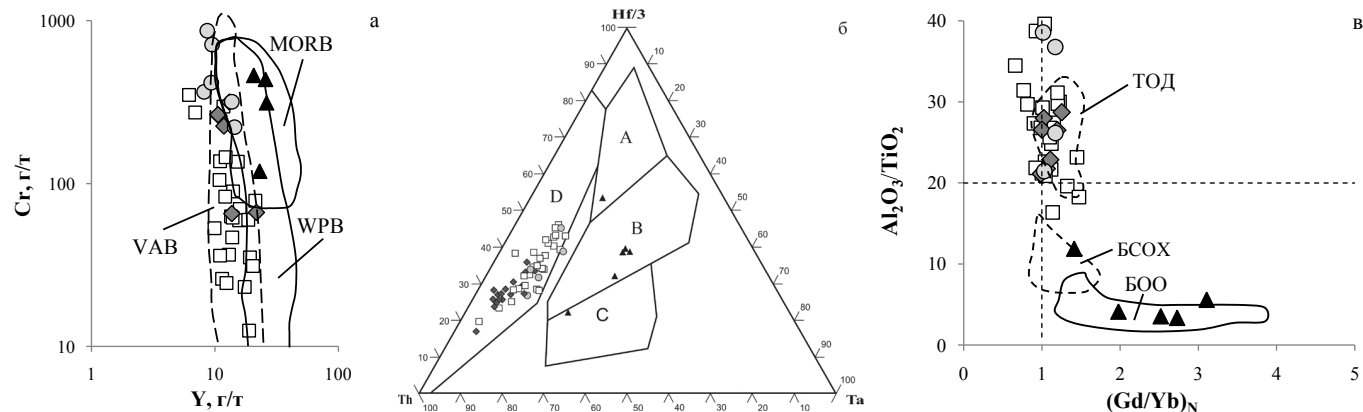


Рис. 7. Дискриминационные диаграммы: а — Y—Cr [27]: VAB — базальты вулканических дуг, WPB — внутриплитные базальты, MORB — базальты срединно-океанических хребтов; б — Th—Hf/3—Ta [31] с полями базальтов: А — N-тип MORB, В — E-тип MORB и внутриплитных толеитов, С — внутриплитных щелочных базальтов, D — базальтов вулканических дуг; в — Al_2O_3/TiO_2 — $(Gd/Yb)_N$ [12] с полями островодужных толеитов Алеутской дуги (БОД), базальтов срединно-океанического хребта Тихого океана (BCOX) и плюмовых базальтов Гавайской горячей точки (БОО). Данные по Алеутской дуге взяты из [23], а для БОО и BCOX — из [30]. Условные обозначения на рис. 4

Fig. 7. Discriminatory diagrams: а — Y vs. Cr [27]: VAB — basalts of volcanic arcs, WPB — intraplate basalts, MORB — basalts of mid-ocean ridges; б — Th—Hf/3—Ta [31] for basalts: А — N-type MORB, В — E-type MORB and intraplate tholeiites, С — intraplate alkaline basalts, D — basalt volcanic arcs [31]; в — Al_2O_3/TiO_2 vs. $(Gd/Yb)_N$ [12], showing different degrees of melting $(Gd/Yb)_N$ and fractional crystallization (Al_2O_3/TiO_2). Fields for island arc tholeiitic Aleutian arc (БОД), MORB basalts of Pacific ocean (BCOX) and plume basalts of Hawaiian hotspot (БОО) are shown for comparison. Data on the Aleutian arc taken from [23], and for the БОО and BCOX — from [30]. Symbols as in Fig. 4

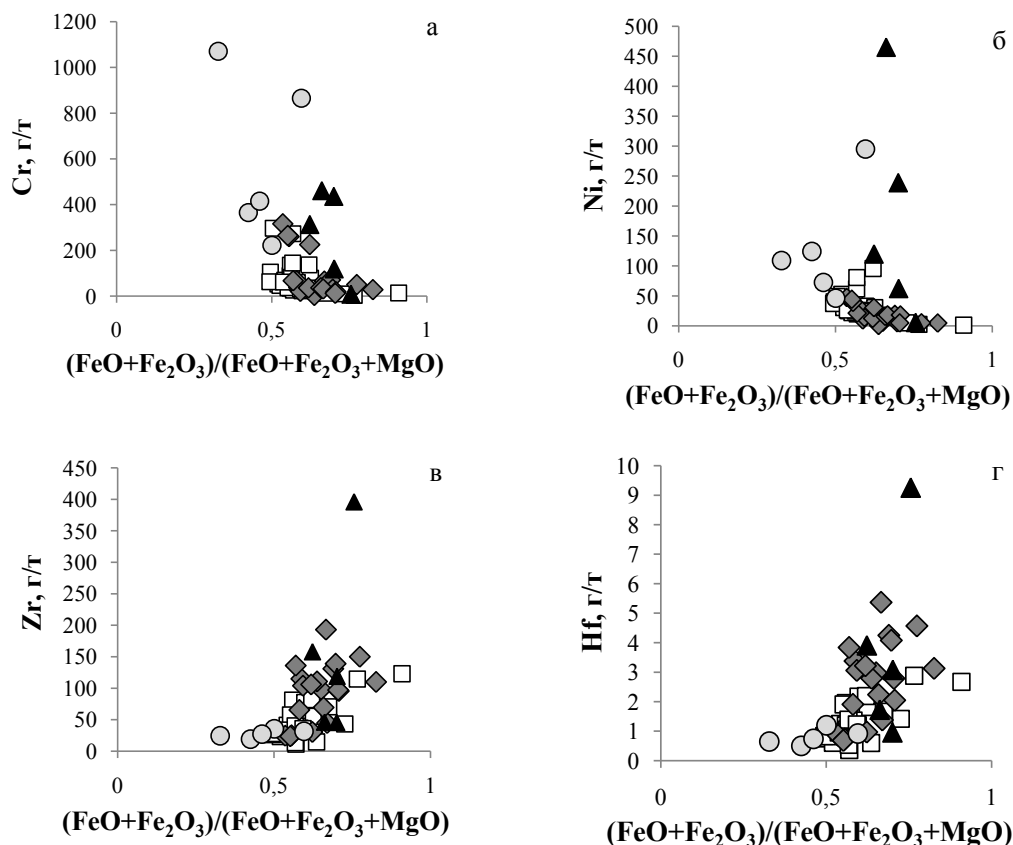


Рис. 8. Бивариантные диаграммы для позднедокембрийских вулканитов Северо-Западного Пай-Хоя. Условные обозначения на рис. 4

Fig. 8. Bivariate diagrams for volcanic rocks of Late Precambrian northwestern Pay-Khoy. Symbols as in Fig. 4

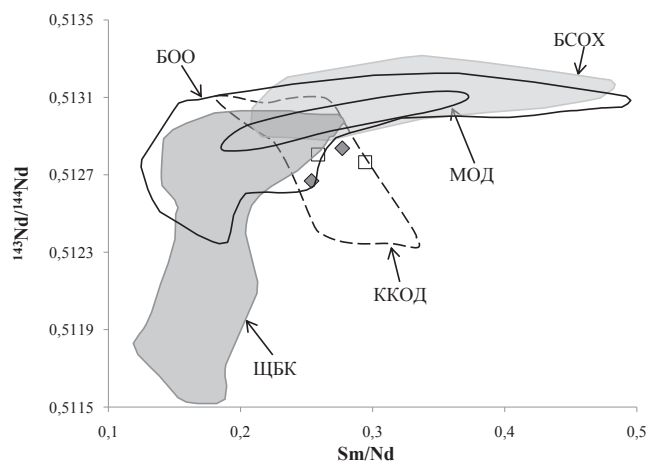


Рис. 9. Диаграмма $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ — Sm/Nd [3] для вулканитов морозовской и сокольнинской свит. Поля базальтов срединно-океанических хребтов (БСОХ), океанических островов (БОО) и щелочных базальтов континентальных областей (ЩБК) показаны по [25]. Тонкая сплошная линия — Марианская островная дуга энсиматического типа, пунктирная линия — Курило-Камчатская островная дуга энсиалического типа, данные взяты из [23]. Условные обозначения на рис. 4

Fig. 9. $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ vs. Sm/Nd diagram [3] for volcanic rocks of the morozovskaya and sokolninskaya suites. Figurative fields of basalts of mid-ocean ridges (БСОХ), oceanic islands (БОО) and alkaline basalts of continental areas (ЩБК) are shown according to the review [25]. The black solid line — Mariana island arc of ensimatic type, data taken from [23]. The black dotted line — the Kuril-Kamchatka island arc of ensialic type, data taken from [23]. Symbols as in Fig. 4

вуару HIMU [30]. На диаграмме $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ — Sm/Nd (рис. 9) точки составов изучаемых пород локализуются в той же области, что и составы пород Курило-Камчатской островной дуги энсиалического типа. Породы как морозовской, так и сокольнинской свит обладают практически идентичным изотопным составом неодима, что может указывать на формирование расплавов из единого мантийного резервуара.

Для определения мантийного источника и влияния субдукционного компонента на состав расплавов, сформировавших изучаемые породы, был использован ряд отношений элементов-примесей.

По вариациям показателей Lu/Hf и La/Sm можно определить состав и степень частичного плавления (СЧП) мантийного перидотита. При низком отношении Lu/Hf для гранатового перидотита и высоком для шпинелевого перидотита высокий показатель La/Sm отражают СЧП выше 5 % [28]. Величины отношений Lu/Hf (0.1—0.5) и La/Sm (1.3—2.5) в низкотитанистых вулканитах морозовской и сокольнинской свит соответствуют относительно высокому СЧП шпинелевого перидотита. Для высокотитанистых базальтов морозовской свиты (блок Нядейпэ — Няруйпэ) величина Lu/Hf не превышает 0.09 при том же уровне La/Sm , следовательно, расплав, сформировавший эти породы, образовался при плавлении гранатового перидотита.

Для океанических базальтов было предложено описывать мантийные источники в системе $\text{Th}-\text{Nb}-\text{Ce}$ как смешение трех компонентов: деплетированной мантии (DMM с низкими Th/Nb и высокими Ce/Nb),

субдукционного компонента островных дуг (SDC с высокими Th/Nb и Ce/Nb) и остаточного компонента рециклированной океанической коры, прошедшей через зону субдукции (RSC с низкими Th/Nb и Ce/Nb) [29]. Для высокотитанистых базальтов блока Нядейпэ — Няруйпэ установлены низкие величины Th/Nb (0.05—0.06) и Ce/Nb (1.7—2.3), близкие компоненту RSC. Вулканиты морозовской и сокольнинской свит показывают вариации отношений $\text{Th}/\text{Nb} = 0.20—0.75$ и $\text{Ce}/\text{Nb} = 5.3—15.19$. Наиболее высокие из них близки компоненту SDC.

Выводы

Изучение петрографического состава докембрийских образований Северо-Западного Пай-Хоя позволило выявить, что вулканиты в составе морозовской и сокольнинской свит формируют свои обособленные непрерывные серии — трахибазальт-трахиандезитовую и андезибазальт-риодацитовую соответственно. Ведущую роль при формировании этих серий играли процессы фракционной кристаллизации.

Позднедокембрийские магматические образования Северо-Западного Пай-Хоя формировались в островодужной надсубдукционной обстановке и обстановке задугового спрединга. Геологические, петрографические и петрогеохимические данные свидетельствуют о существовании двух пространственно разобщенных палеодуг. Породы морозовской свиты представляют собой фрагменты позднерифейской Морозовской палеоостровной дуги и области задугового спрединга, а вулканиты сокольнинской свиты являются реликтами более молодой Сокольнинской палеоостровной дуги рифейско-вендского возраста.

На основе анализа изотопных данных и содержания элементов-примесей показано, что низкотитанистые базальтоиды морозовской и сокольнинской свит образовались из сходных по составу верхнемантийных источников с примесью субдукционной компоненты при близких степенях частичного плавления. Высокотитанистые базальты морозовской свиты сформировались из более глубинного мантийного источника с примесью рециклированной компоненты.

Автор выражает благодарность Д. В. Зархидзе (ЗАО «Поляргео») за возможность участия в полевых работах в рамках ГДП-200 листов R-41-XX-XXI и сбора каменного материала для диссертационной работы.

Литература

1. Арискин А. А., Бармина Г. С. Моделирование фазовых равновесий при кристаллизации базальтовых магм. М.: Наука; МАИК; Наука/Интерпериодика, 2000. 263 с.
2. Гибшер А. С., Есин С. В., Изох А. Э., Киреев А. Д., Петрова Т. В. Диопсидсодержащие базальты кембрия Чеповской зоны Горного Алтая: модель фракционирования гибридных магм в промежуточных магматических камерах // Геология и геофизика. 1997. Т. 38 (11). С. 1760—1772.
3. Иванов А. В. Глубинная геодинамика: границы процесса по геохимическим и петрологическим данным // Геодинамика и тектонофизика. 2010. Т. 1. № 1. С. 87—102.
4. Складов Е. В. и др. Интерпретация геохимических данных: Учеб. пособие. М: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.



5. Канева Т. А. Геохимическая характеристика пород морозовской свиты (RF_3ms) Пай-Хоя. Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Материалы XVI Геологического съезда Республики Коми. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2014. Т. II. С. 301—304.
6. Канева Т. А. Зональность клинопироксенов вулканитов морозовской свиты (RF_3mr) хребта Пай-Хой. Проблемы и перспективы современной минералогии (Юшкинские чтения — 2014): Материалы минералогического семинара с международным участием. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2014. С. 73—77.
7. Канева Т. А. Докембрийские вулканиты Северо-Западного Пай-Хоя: Актуальные проблемы геологии докембрия, геофизики и геоэкологии: Материалы XXV молодежной научной конференции, посвященной 100-летию К. О. Кратца. СПб., 2014. С. 86—91.
8. Канева Т. А., Удоратина О. В., Старикова Е. В., Хубанов В. Б. Оценка нижнего возрастного предела неопротерозойской сокольнинской свиты Северо-Западного Пай-Хоя на основе U-Pb-датирования детритных цирконов // Бюл. Моск. об-ва испытателей природы. Отд. геол. 2015. Т. 90, вып. 6. С. 3—10.
9. Кузнецов А. Б., Старикова Е. В., Маслов А. В., Константинова Г. В. Sr-изотопная хемотратиграфия докембрийских карбонатных пород Амдерминского поднятия, Пай-Хой // Докл. АН. 2016. Т. 469. №4. С. 447—451.
10. Кузнецов Н. Б., Натапов Л. М., Белоусова Е. А., Гриффин У. Л., О'Рейли С., Соболева А. А., Куликова К. В., Удоратина О. В., Моргунова А. А. Первые результаты изотопного датирования детритных цирконов из кластогенных пород комплексов протоуралит — тиманид: вклад в стратиграфию позднего докембрия поднятия Енганепэ (запад Полярного Урала) // Докл. АН. 2009. Т. 424. № 6. С. 363—368.
11. Плечов П. Ю. Множественность источников островодужных магм и динамика их взаимодействия: Дис. ... док. геол.-минерал. наук. М., 2008. 250 с.
12. Сафонова И. Ю., Буслов М. М., Симонов В. А., Изох А. Э., Ц. Комия, Курганская Е. В., Т. Оно. Геохимия, петрогенезис и геодинамическое происхождение базальтов из Катунского аккреционного комплекса Горного Алтая (Юго-Западная Сибирь) // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 1. С. 541—567.
13. Симонов В. А., Добрецов Н. Л., Буслов М. М. Бонинитовые серии в структурах Палеоазиатского океана // Геология и геофизика. 1994. Т. 35. № 7—8. С. 182—199.
14. Терешко В. В. Новые данные по стратиграфии верхнепротерозойских отложений Северо-Западного Пай-Хоя // Стратиграфия и палеогеография фанерозоя Европейского Северо-Востока СССР: Труды X Геол. конф. Коми АССР. ИГ Коми НЦ УрО АН СССР. Сыктывкар, 1987. С. 9—12.
15. Терешко В. В. Стратиграфия верхнепротерозойских отложений Северо-Западного Пай-Хоя // Верхний докембрий севера европейской части СССР / ИГ Коми НЦ УрО АН СССР. Сыктывкар, 1983. С. 130—134.
16. Тимонин Н. И., Юдин В. В., Беляев А. А. Палеогеодинамика Пай-Хоя. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 226 с.
17. Фролова Т. И., Бурикова И. А. Магматические формации современных геотектонических обстановок: Уч. пособие. М.: Изд-во МГУ, 1997. 320 с.
18. Эволюция изверженных пород: Пер. с англ./ Под ред. Х. Йодера. М.: Мир, 1983. 528 с., ил.
19. Bowen N. L. The evolution of the igneous rocks. Princeton Univ. Press, 1928.
20. Boynton W. V. Geochemistry of Rare Earth Elements Meteorite Studies // Rare Earth Element Geochemistry. Amsterdam, 1984. P.63—114.
21. Chambers A. D., Brown P. E. The Lilloise intrusion, East Greenland: fractionation of a hydrous alkali picritic magma // Journal of petrology, 1995, V. 36, No. 4, pp. 933—962.
22. DeBari Susan M., Coleman R. G., Examination of the deep levels of an island arc: evidence from the Tonsina ultramafic assemblage, Tonsina, Alaska // Journal of geophysical research, 1989, V. 94, No. B4, pp. 4373—4391.
23. GEOROC (www.georoc.mpch-mainz.gwdg.de/georoc)
24. Harker A. The Natural History of the Igneous Rocks. New York, 1909, 384 pp.
25. Kostitsyn Yu. A. Terrestrial and chondritic Sm-Nd and Lu-Hf isotopic systems: Are they identical? // Petrology, 2004, V. 12, pp. 397—411.
26. Nisbet E. G., Pearce J. A. Clinopyroxene composition in mafic lavas from different tectonic setting // Contr. Miner. Petrol., 1977, V. 63, pp. 149—160.
27. Pearce J. A. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries // Thorpe R. S. (ed.) Andesites. Wiley, Chichester, 1982, pp. 525—548.
28. Regelous M., Hofmann A. W., Abouchami W., Galer S. J. G. Geochemistry of lavas from the Emperor seamounts, and the geochemical evolution of Hawaiian magmatism from 85 to 42 Ma // J. Petrology, 2003, v. 44, № 1, p. 113—140.
29. Saunders A. D., Norry M. J., Tarney J. Origin of MORB and chemically-depleted mantle reservoirs: trace element constrains // J. Petrol., Spec. Lithosphere Iss, 1988, p. 415—455.
30. Sun S., McDonough W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // Magmatism in the ocean basins / Eds. A. D. Saunders, M. J. Norry. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 1989, V. 42, pp. 313—345.
31. Wood D. A. The application of a Th—Hf—Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province // Earth Planet. Sci. Lett, 1980, V. 50, pp. 11—30.

References

1. Ariskin A. A., Barmina G. S. *Modelirovanie fazovykh ravnovesiy pri cristallizacii bazaltovykh magm* (Modelling of phase equilibria in the crystallization of basaltic magmas). Moscow, Nauka, 2000. 263 pp.
2. Gibsher A. S., Esin S. V., Izoh A. E., Kireev A. D., Petrova T. V. *Diopsidsodergashie basalty kembriya Ceposhskoy zony Gornogo Altaya: model fraccionirovaniya gibridnykh magm v promegytocnykh magmaticeskikh kamerah* (Diopside containing basalts of the Cambrian Cheposhsky zone, Gorny Altai: model of hybrid magma fractionation in intermediate magma chambers) // Geology and geophysics, 1997, V. 38 (11), pp. 1760—1772.
3. Ivanov A. V. *Glybinnaya geodinamika: granicy processa po geohimicheskim i petrologicheskim dannym* (Deep geodynamics: the boundaries of the process by geochemical and petrological data) // Geodynamics and tectonophysics, 2010, V. 1, No. 1, pp. 87—102.
4. Sclyarov E. V. et al. *Interpretaciya geohimicheskikh dannyx* (The interpretation of geochemical data): ychebnoe posobie. Moscow, 2001, 288 pp, il.
5. Kaneva T. A. *Geohimicheskaya harakteristika porod morozovskoi svity (RF_{3ms}) Pai-Hoya* (The geochemical characteristics of the rocks morozovskoi formation (RF_{3ms}) Pay-Khoy). *Geologiya i mineralnye resursy Evropeiskogo Severo-Vostoka*



Rossii: Materialy XVI Geologicheskogo syezda Respubliki Komi (Geology and mineral resources of the European North-East of Russia: Proceedings of XVI Congress of Geology of the Komi Republic). Vol. 2, Syktyvkar: Institute of Geology of Komi Science Centre, 2014, pp. 301–304.

6. Kaneva T. A. *Zonalnost clinopiroksenov vylkanitov morozovskoi svity (RF_{3ms}) hrebta Pai-Hoy* (The zoning of clinopyroxene of the volcanics morozovskoi formation (RF_{3ms}) Ridge Pay-Khoy). *Problemy i perspektivy sovremennoi mineralogii (Ushkinskie chteniya — 2014): Materialy mineralogicheskogo seminara s mezdunarodnym uchastiem* (Problems and perspectives of modern mineralogy (Ushcin readings — 2014): proceedings of mineralogical seminar with international participation). Syktyvkar: Institute of Geology of Komi Science Centre, 2014, pp. 73–77.

7. Kaneva T. A. Dokembriiskie vylcanity severo-zapadnogo Pai-Hoya (Precambrian volcanics in northwest northwestern Pay-Khoy). *Actualnye problemy geologii dokembriya, geofiziki i geoecologii. Materialy XXV molodezhnoi konferencii, posvyashchennoi 100-letiy K.O. Kratsa* (Actual problems of Precambrian Geology, Geophysics and Geoecology. Proceedings of the XXV youth scientific conference devoted to 100 anniversary of K. O. Krats). St. Petersburg, 2014, pp. 86–91.

8. Kaneva T. A., Udoratina O. V., Staricova E. V., Khubanov V. B. *Ocenka nizhnego vozrastnogo predela neoproterozoiskoi sokolninskoi svity severo-zapadnogo Pai-Hoya* (Evaluation of lower age limit of neoproterozoic Sokolov formation in northwestern Pay-Khoy based on detrital zircons U-Pb dating) // *Bulletin of Moscow society of naturalists. Geology series*. 2015, V. 90, No. 6, pp. 3–10.

9. Kuznetsov A. B., Staricova E. V., Maslov A. V., Konstantinova G. V. *Sr-izotopnaya hemostratigrafiya dokembriyskikh karbonatnykh porod Amdermingskogo podnatiya, Pai-Hoy* (Sr Isotopic Chemostratigraphy of Precambrian Carbonate Rocks in the Amderma Rise, Pai-Khoy Ridge) // *Doklady Earth Sciences*, 2016, V. 246, No. 4, pp. 447–451.

10. Kuznetsov N. B., Natapov L. M., Belousova E. A., Griffin U. L., O'Reilly S., Soboleva A. A., Kulikova K. V., Udoratina O. V., Morgynova A. A. *Pervye resulyaty izotopnogo datirovaniya detritnykh zirkonov iz klastogennykh porod kompleksov Protouralid-timanid: vklad v stratigrafiyu pozdnego dokembriya podnatiya Engane-pe* (zapad Polyarnogo Urala) (First results of isotopic dating of detrital zircons from the clastic rocks of the pre-Uralides–Timanides complexes: contribution in the late Precambrian stratigraphy of the Engane-Pe Uplift, Western Polar Urals) // *Doklady Earth Sciences*, 2009, V. 424, No. 6, pp. 363–368.

11. Plecov P. U. *Mnogestvennost istochnicov ostrovodynykh magm i dinamika ih vzaimodeistviya* (The multiplicity of sources of island arc magmas and dynamics of their interaction). Moscow, 2008, pp. 250.

12. Sazonova L. V., Nosova A. A. *Zonalnost clinopiroksenov kak funktsiya uslovii ostyvaniya magmaticheskogo rasplava* (na primere odinitov Urala) // *Geochemistry*, 1999, No. 12, pp. 1268–1284.

13. Safonova I. Yu., Buslov M. M., Simonov V. A., Izokh A. E., T. Komiya, Kurganskaya E. V., and T. Ohno. *Geochemiya, petrogenezis i geodinamicheskoe proishozhdenie basaltov iz Katynskogo akkrecionnogo kompleksa Gornogo Altaya* (Geochemistry, petrogenesis and geodynamic origin of basalts from the Katun' accretionary complex of Gorny Altai (southwestern Siberia)) // *Geology and geophysics*, 2011, V. 52, No. 1, pp. 541–567.

14. Siminov V. A., Dobrecov N. L., Byslov M. M. *Boninitovyie serii v stryktyrah Paleooziatskogo okeana* (Boninite series in the structures of the Paleo-Asian Ocean) // *Geology and geophysics*, 1994, V. 35, No. 7–8, pp. 182–199.

15. Tereshko V. V. *Novye dannye po stratigrafii verhneproterozoiskikh otlozhenii severo-zapadnogo Pai-Hoya* (New data on the stratigraphy of the Upper Proterozoic sediments northwest of Pai-Khoy) // *Stratigrafiya i paleogeografiya fanerozoia evropeiskogo severo-vostoka SSSR* (Stratigraphy and paleogeography Phanerozoic of the European North-East of the USSR). Tr. X geol. konf. Komi USSR. Inst Geology and Geochemistry Ural Scientific Center of the Academy of Sciences USSR. Syktyvkar, 1987, pp. 9–12.

16. Tereshko V. V. *Stratigrafiya verhneproterozoiskikh otlozhenii severo-zapadnogo Pai-Hoya* (Stratigraphy Upper Proterozoic sediments northwest of Pay -Khoy). *Verhnii dokembrii severa Evropeiskoi chasti SSSR* (Upper Precambrian North European part of the USSR). Syktyvkar, 1983, pp. 130–134.

17. Timonin N. I., Judin V. V., Belyaev A. A. *Paleogeodinamika Pai-Hoya* (Paleogeodynamics of Pai-Khoy). Ekaterinburg: Ural Branch of the Academy of Sciences, 2004, 226 pp.

18. *Evolutsiya izvergennykh porod* (The evolution of igneous rocks): Trans. with Eng./ Ed. H. Yoder. Moscow: Mir, 1983, 528 pp., il.

19. Bowen N. L. *The evolution of the igneous rocks*. Princeton Univ. Press, 1928.

20. Boynton W. V. *Geochemistry of Rare Earth Elements Meteorite Studies* // *Rare Earth Element Geochemistry*. Amsterdam, 1984. P.63–114.

21. Chambers A. D., Brown P. E. The Lilloise intrusion, East Greenland: fractionation of a hydrous alkali picritic magma // *Journal of petrology*, 1995, V. 36, No. 4, pp. 933–962.

22. DeBari Susan M., Coleman R. G., Examination of the deep levels of an island arc: evidence from the Tonsina ultramafic-mafic assemblage, Tonsina, Alaska // *Journal of geophysical research*, 1989, V. 94, No. B4, pp. 4373–4391.

23. GEOROC (www.georoc.mpch-mainz.gwdg.de/georoc)

24. Harker A. *The Natural History of the Igneous Rocks*. New York, 1909, 384 pp.

25. Kerrich R., Wyman D. A. Review of developments in trace-element fingerprinting of geodynamic settings and their implications for mineral exploration // *Austral. J. Earth Sci.*, 1997, V. 44, pp. 465–487.

26. Kostitsyn Yu. A. Terrestrial and chondritic Sm-Nd and Lu-Hf isotopic systems: Are they identical? // *Petrology*, 2004, V. 12, pp. 397–411.

27. Mysen, B. O., Boettcher, A. L.: Melting of a hydrous mantle: I Phase relations of natural peridotite at high pressures and temperatures with controlled activities of water, carbon dioxide and hydrogen. *J. Petrol.* 1975, V. 16, pp. 520–548.

28. Nisbet E.G., Pearce J.A. Clinopyroxene composition in mafic lavas from different tectonic setting // *Contr. Miner. Petrol.*, 1977, V. 63, pp. 149–160.

29. Pearce J. A. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries // Thorpe R. S. (ed.) *Andesites*. Wiley, Chichester, 1982, pp. 525–548.

30. Sun S., McDonough W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // *Magmatism in the ocean basins* / Eds. A.D. Saunders, M.J. Norry. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 1989, V. 42, pp. 313–345.

31. Wood D. A. The application of a Th–Hf–Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province // *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1980, V. 50, pp. 11–30.

ПОЗДНЕГОЛОЦЕНОВЫЕ МЕЛКИЕ МЛЕКОПИТАЮЩИЕ ИЗ МЕСТОНАХОЖДЕНИЙ ДОЛИНЫ РЕКИ ШАРЬЮ (ГРЯДА ЧЕРНЫШЕВА)

И. В. Кряжева¹, Д. В. Пономарев¹, Т. ван Кольфсхотен², Й. ван дер Плихт^{2,3}

¹Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия; *Innageologi@mail.ru*,

²Лейденский университет, Лейден, Нидерланды,

³Центр изотопных исследований, Гронинген, Нидерланды

Голоценовая история фауны мелких млекопитающих представляет интерес как пример трансформации сообществ под воздействием естественной динамики климата. Объектами изучения являлись 2720 щечных зубов мелких млекопитающих из местонахождений долины р. Шарью (левый приток р. Усы), которые исследовались стандартными палеонтологическими методами. Для датирования ископаемых комплексов использовался ¹⁴C УМС-метод. Местонахождения представляют собой зоогенные скопления с массовыми остатками позвоночных животных. В результате описаны две фазы развития микротериофауны гряды Чернышева: субатлантического и современного периодов. Установлено, что в субатлантическое время микротериофауна гряды Чернышева имела типичный лесной облик и была практически идентична синхронным сообществам мелких млекопитающих Приполярного Урала и сильно контрастировала с сообществами восточного макросклона Полярного Урала. Различия в видовых составах костных остатков грызунов из Шарью-2 и Шарью-3, очевидно, связаны с деятельностью разных видов пернатых хищников (дневных хищников и сов). Различия современных комплексов мелких млекопитающих гряды Чернышева и сопредельных территорий объясняется тафономическими причинами.

Ключевые слова: мелкие млекопитающие, поздний голоцен, гряда Чернышева, северо-восток европейской части России.

LATE HOLOCENE SMALL MAMMALS FROM LOCALITIES OF SHARYU RIVER VALLEY (CHERNYSHEV'S RIDGE)

I. V. Kryazheva¹, D. V. Ponomarev¹, T. van Kolfschoten², J. van der Plicht^{2,3}

¹Institute of Geology of Komi SC UB RAS, Syktывkar,

²Leiden University, Leiden, Netherlands,

³Center for Isotope Research, Groningen, Netherlands

The Holocene history of small mammal fauna is of interest as an example of transformation of communities under the natural changes of climate. Study object were 2720 molars of small mammals from localities in Sharyu River valley (left tributary of Usa River). Molars were studied by standard palaeontological techniques. ¹⁴C AMS method was used for dating of fossil assemblages. All localities are zoogenic sites with abundant fossil remains of vertebrates. In the result, two phases of micromammalian fauna development in the Chernyshev's Ridge are described: Subatlantic and modern periods. It was revealed that typical taiga forest assemblages of small mammals inhabited the Chernyshev's Ridge during Subatlantic time. This fauna was nearly identical to micromammalian communities of the same interval in the Subpolar Urals but contrasted to tundra assemblages of the eastern slope of the Polar Urals. Species composition differences between Sharyu-2 and Sharyu-3 were caused by the hunting activity of different species of avian predators (diurnal raptors and owls). Alternations between recent micromammalian assemblages of the Chernyshev's Ridge and communities of adjacent territories are linked to differences in taphonomy.

Keywords: small mammals, Late Holocene, Chernyshev's ridge, northeastern part of European Russia.

Введение

Исследования быстро эволюционировавших мелких млекопитающих являются одним из перспективных направлений в палеотериологии. Во всем мире они используются в качестве руководящих ископаемых и индикаторов определенных климатов и ландшафтов при реконструкции природной обстановки прошлого. Их остатки распространены в континентальных отложениях Палеарктики и весьма многочисленны в пещерных местонахождениях Урала.

В результате деятельности хищников и в редких случаях человека в карстующихся палеозойских породах Урала и его предгорий сформировались захоронения костных остатков позвоночных. Пещерные зоогенные скопления костных остатков занимают одно из первых мест по информативности среди других типов захоронений остатков плейстоценовых и голоценовых позвоночных. Остеологический материал накапливается в них, как правило, или на месте гибели животного, или вблизи него, причем ископаемый комплекс воспроизводит видовой состав исходного естественного сообщества в максимально возможной полноте [17, 18].

В данной работе приводятся результаты изучения трех местонахождений гряды Чернышева, расположенных на реке Шарью (левый приток в нижнем течении р. Усы, Усинск, Республика Коми) (рис. 1). Гряда Чернышева оставалась неизученным районом в отношении истории микротериофауны, выявлению специфики которой посвящена настоящая работа.

Материал и методы

Местонахождение Шарью-1 (66°09.186' с. ш., 58°43.792' в. д.) расположено на правом берегу реки, в 1.5 км ниже по течению от геологического памятника природы Окно, в скальном выходе известняков силура, и представляет собой небольшой грот высотой 1 м, шириной 0.8 м и глубиной 2 м (рис. 1).

Разрез рыхлых отложений состоит из двух слоев, представленных алевроитовыми и суглинистыми отложениями (рис. 2). Всего из отложений грота определено 1024 зуба мелких млекопитающих (см. таблицу). Радиоуглеродная датировка, сделанная по костям грызунов из слоя 2 (глубина 17 см), показала возраст



Рис. 1. Карта местонахождений позднеголоценовых мелких млекопитающих

Fig. 1. Locations of Late Holocene small mammals

(1510 ± 35) некалиброванных л. н. (GrA-66862), что приходится на поздний голоцен (субатлантик).

В местонахождении Шарью-1 встречены останки мелких птиц, зайцеобразных, насекомоядных, грызунов и рыб с преобладанием последних. Раздробленность костей невысокая.

Местонахождение Шарью-2 ($66^{\circ}09.152'$ с. ш., $58^{\circ}43.952'$ в. д.) расположено в 200 м выше по течению от грота Шарью-1 на высоте 30 м от уреза воды. Оно

Количество щечных зубов и соотношение остатков (в скобках, %) мелких млекопитающих из местонахождений р. Шарью

Quantity of cheek teeth and ratio of remains (in brackets, %) of small mammals from locations near Sharyu River

Вид / Species	Шарью-1 Sharyu-1	Шарью-2 Sharyu-2	Шарью-3 Sharyu-3
<i>Sciurus vulgaris</i>	1(0.1)	—	64(11.9)
<i>Sicista betulina</i>	3(0.3)	—	—
<i>Ondatra zibethicus</i>	—	—	18(3.4)
<i>Clethrionomys</i> sp.	344(33.6)	372(32)	60(11.2)
<i>Dicrostonyx</i> sp.	7(0.7)	—	—
<i>Lemmus sibiricus</i>	14(1.4)	—	—
<i>Myopus schisticolor</i>	97(9.7)	—	—
<i>Arvicola amphibius</i>	152(14.8)	—	130(24.3)
<i>Microtus oeconomus</i>	259(25.3)	54(4.7)	21(3.9)
<i>Microtus agrestis</i>	147(14.3)	735(63.3)	242(45.2)
Всего / Total	1024	1161	535

представляет собой скальный выступ под обитаемым гнездом длиной 1 м и глубиной 0.7 м (рис. 4, а). На протяжении всего полевого сезона с этого выступа было собрано 92 погадки, из которых в лаборатории было извлечено и определено 1160 зубов грызунов (см. таблицу).

Местонахождение Шарью-3 ($66^{\circ}09.871'$ с. ш., $58^{\circ}44.654'$ в. д.) расположено на левом берегу р. Шарью, в 2 км выше по течению от устья р. Дурной, в скальном

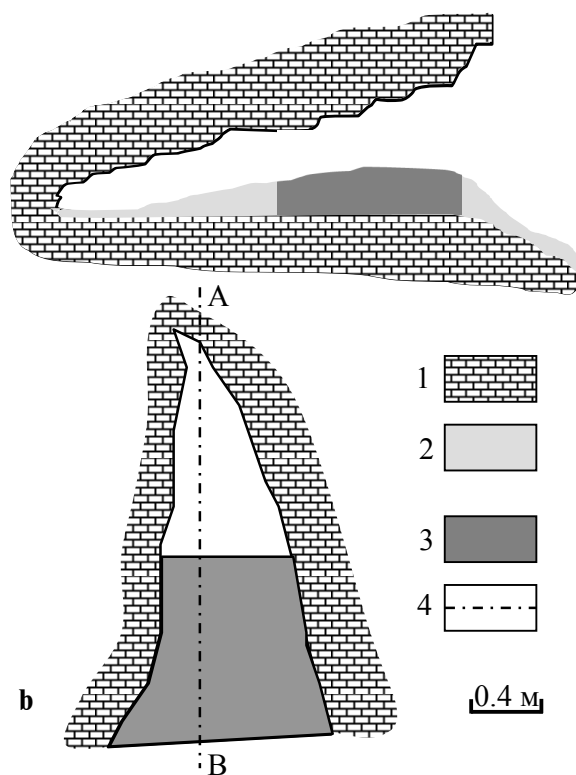


Рис. 2. Общий вид (а) и план-схема (б) грота Шарью-1: 1 — коренная порода, 2 — четвертичные отложения, 3 — раскоп, 4 — линия продольного профиля АВ

Fig. 2. General view (a) and scheme (b) of grotto Sharyu-1: 1 — bedrock, 2 — Quaternary deposits, 3 — pit, 4 — longitudinal profile AB

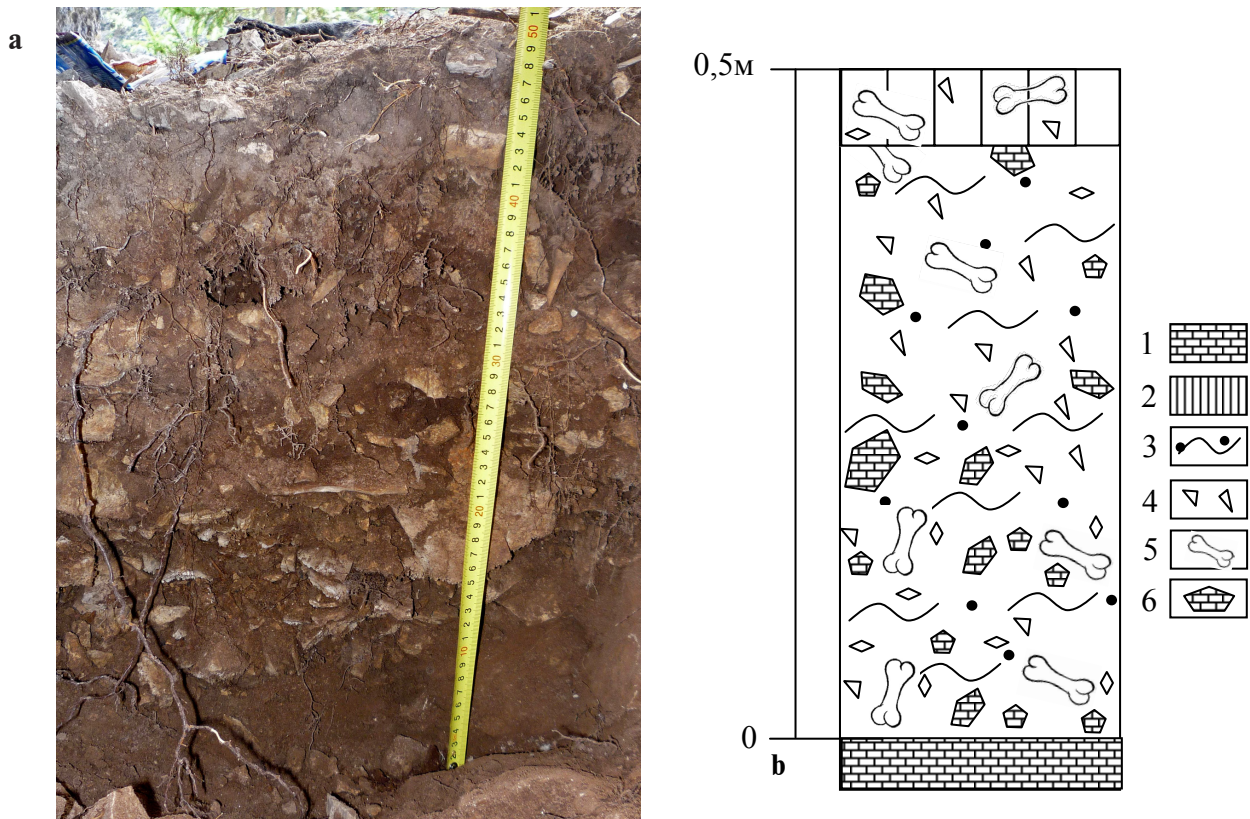


Рис. 3. Фото (а) и схематический геологический разрез (б) рыхлых отложений грота Шарью-1: 1 — коренная порода (известняк), 2 — почвенно-растительный слой (ПРС), 3 — суглинок, 4 — неокатанные обломки известняка (0.5—3 см), 5 — костные остатки, 6 — глыбы известняка

Fig. 3. Photo (a) and schematic section (b) of loose sediments of grotto Sharyu-1: 1 — bedrock (limestone), 2 — top soil, 3 — loam, 4 — limestone debris (0.5—3 cm), 5 — bone remains, 6 — limestone blocks



Рис. 4. Местонахождения Шарью-2 (а) и Шарью-3 (б)

Fig. 4. Locations Sharyu-2 (a) and Sharyu-3 (b)



выходе известняков карбона на высоте 20 м от уреза воды. Оно представляет собой небольшую нишу (рис. 4, б), в которой было обнаружено скопление погадок. Рыхлые отложения ниши представлены почвенно-растительным слоем мощностью менее 5 см. Собрано 54 погадки, из которых в лаборатории было извлечено и определено 535 зубов грызунов (см. таблицу). Судя по наличию остатков ондатры, интродуцированной в Республике Коми в 1930-е гг., возраст комплекса остатков не превышает 80 лет [21].

Раскопки в гроте Шарью-1 проводились по стандартным методикам [13–15]. Рыхлые отложения вскрывались условными горизонтами мощностью не более 10 см. Извлечение костных остатков млекопитающих производилось при помощи ручной промывки вмещающей породы на ситах с размером ячеек 0.8–1.0 мм.

Полученная смесь костей и обломков породы высушивалась и из нее вручную отбирались остатки позвоночных.

Ввиду того, что в роде серых полевков наиболее диагностичны только первые нижние коренные зубы, для расчета каждого вида полевков все зубы, определенные как *Microtus* sp., распределялись по видам в соответствии с распределением первых нижних коренных. Морфологически сходные виды, такие как полевка Миддендорфа — темная полевка и лесной лемминг — сибирский лемминг, диагностика которых представляет определенные трудности, разделялись нами по методике, описанной Н. Г. Смирновым с соавторами [19]. Моляры трех видов рода *Clethrionomys* идентифицировались согласно методу, предложенному А. В. Бородиным [4].

УМС ^{14}C -датировка по костям грызунов была выполнена Й. ван дер Плихтом (Центр изотопных исследований университета г. Гронинген, Нидерланды).

Результаты и их обсуждение

Самый древний ископаемый комплекс (субатлантик), обнаруженный в долине реки Шарью, происходит из отложений грота Шарью-1. Здесь были найдены красная и рыжая полевки (вместе 33.9 %), полевка-экономка (21.5 %), водяная полевка (14.8 %), темная полевка (11.2 %), лесной (6.3 %), сибирский (1.4 %) и копытный (0.7 %) лемминги (рис. 5).

На севере Урала сообщества субатлантика известны также из местонахождений Кожым-2 и -4 (западный склон Приполярного Урала) и Янгана-Пе-4 (восточный макросклон Полярного Урала). В ископаемом комплексе из грота Кожым-2 с датировкой (1655 ± 35) некалиброванных л. н. (GrA-49355) были найдены водяная полевка (29.3 %), красная и рыжая полевки (39.5 %), темная полевка (15.6 %), полевка-экономка (5 %), узкочерепная полевка (2.7 %), сибирский (5 %) и лесной (2.9 %) лемминги [7, 10, 11].

В сообществе из грота Кожым-4 (датировка (1620 ± 30) некалиброванных л. н. GrA-66465) были определены красная и рыжая полевки (вместе 34.1 %), темная полевка (24.3 %), водяная полевка (16.2 %), полевка-экономка (11.1 %), лесной (10.8 %), сибирский (3 %) и копытный (0.5 %) лемминги [9, 10].

В фауне из слоя 2 Янгана-Пе-4 с датировкой (1720 ± 120) некалиброванных л. н. найдены сибир-

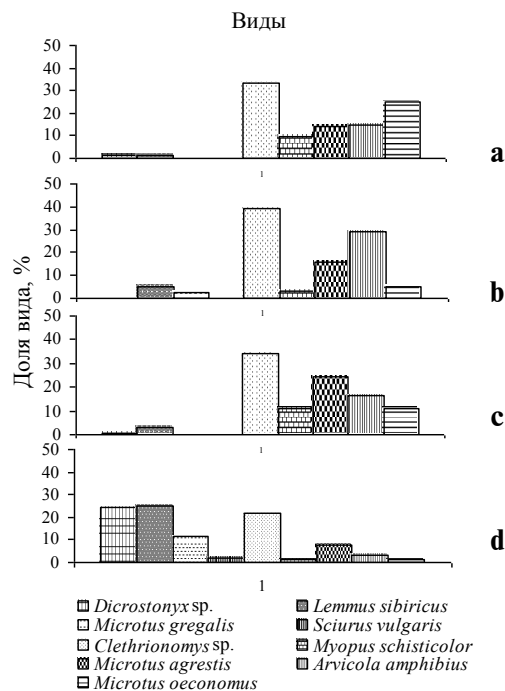


Рис. 5. Соотношение долей остатков мелких млекопитающих (в процентах) в гроте Шарью-1 (а), слое 2 Кожым-2 (б) и Кожым-4 (с) и Янгана-Пе-4 (д)

Fig. 5. Ratio of small mammals remains (percentage) in grotto Sharyu-1 (a), layer Kozhym-2 (b) and Kozhym-4 (c) and Yangana-Pe (d)

ский (25.2 %) и копытный (24.5 %) лемминги, узкочерепная полевка (11.8 %), рыжие полевки (21.6 %), темная полевка (7.8 %), водяная полевка (3 %), белка (2 %), лесной лемминг (1.6 %) и единичные зубы полевки-экономки [12].

По палинологическим данным, в это время на равнинной территории Республики Коми и в ее горной части получили развитие темновойные леса из ели со значительной примесью сосны. Отличительной чертой того времени для северо-востока европейской части России являлся расцвет еловых лесов, чему способствовало потепление — так называемый малый климатический оптимум [5, 16]. Потепление климата привело к формированию северотаежных еловых лесов с примесью сосны и березы и на Полярном Урале (хребет Енганепэ), о чем свидетельствуют сохранившиеся с начала среднего субатлантического периода реликтовые образования чернично-зеленомошных ельников [6].

Из представленных материалов видно, что в субатлантическое время микротериофауна гряды Чернышева имела типичный лесной облик и была практически идентична сообществам мелких млекопитающих Приполярного Урала, что хорошо согласуется с данными по истории растительности и ландшафтов северо-востока Европы в это время. Различия в составе фауны мелких млекопитающих гряды Чернышева и восточного макросклона Полярного Урала связаны, скорее всего, с меридиональным градиентом природных условий.

Комплекс с остатков мелких млекопитающих из погадок Шарью-2 и Шарью-3 дают представление о современной фауне района исследований.

В сообществе Шарью-2 были найдены остатки мелких млекопитающих только из микроразмерной группы — темная полевка (63.3 %), красная и рыжая полевки (вместе 32 %) и полевка-экономка (4.7 %). В фауне Шарью-3 видовой состав более разнообразный — темная полевка (45.2 %), водяная полевка (24.3 %), белка (11.9 %), красная и рыжая полевки (11.2 %), полевка-экономка (3.9 %) и ондатра (3.4 %). Такие существенные различия в составе одновозрастных и близко расположенных друг к другу локальных фаун связаны, скорее всего, с избирательностью отлова разными видами пернатых хищников. Это подтверждает и размер погадок в Шарью-2 — от 2 до 4 см, в то время как в Шарью-3 погадки крупнее — от 4 до 6 см (рис. 6). Также это подтверждается количеством и сохранностью костного материала. Погадки из Шарью-2 принадлежат дневным пернатым хищникам — это было установлено в первую очередь по внешнему виду птенцов в гнезде (рис. 3, а), а во-вторых, по количеству и сохранности костного материала в погадках [8, 23]. Несмотря на маленький размер погадок (от 2 до 4 см), в них содержались зубы от двух и более особей, также было отмечено, что эмаль на зубах частично растворена и эродирована (зубы *Clethrionomys*), а количество костей относительно небольшое.



Рис. 6. Погадки из местонахождений Шарью-2 (а) и Шарью-3 (б)

Fig. 6. Pellets from locations Sharyu-2 (a) and Sharyu-3 (b)

В погадках из Шарью-3 содержались костные остатки от одной, реже двух особей. Эмаль на зубах сохранила гладкость и блеск (зубы *Clethrionomys*, *Sciurus vulgaris* и *Ondatra zibethicus*). Некоторые погадки содержали целые части черепов с зубами (*Arvicola amphibius*, *Clethrionomys*, *Microtus oeconomus* и *Microtus agrestis*) и сочлененные элементы скелета. Все эти признаки указывают на то, что эти погадки, скорее всего, принадлежат ночным пернатым хищникам [8, 23].

В современной фауне Приполярного и Северного Урала наблюдается похожая картина (рис. 7). В местонахождении Кожым-5 [9, 10] были обнаружены темная полевка (37.6 %), водяная полевка (19.9 %), полевка-экономка (19.5 %), лесной лемминг (12.2 %), красная и рыжая полевки (вместе 9.9 %), белка (0.5 %) и

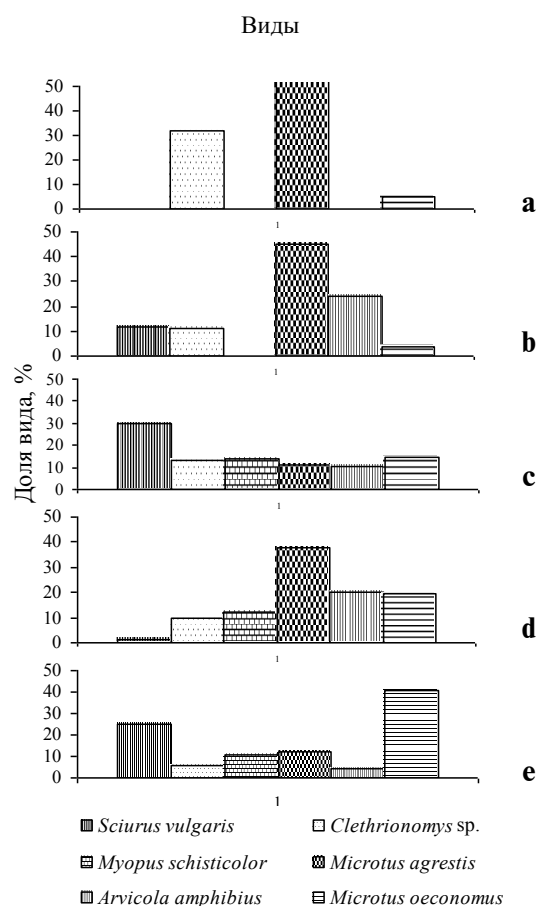


Рис. 7. Соотношение долей остатков мелких млекопитающих (в процентах) в сообществах Шарью-2 (а), Шарью-3 (б), Шежым (с), Кожым-5 (д) и Шугер (е)

Fig. 7. Ratio of small mammals remains (percentage) in community Sharyu-2 (a), Sharyu-3 (b), Shezhym-5 (d) and Shchuger (e)

ондатра (0.4 %). В погадках, собранных в долине реки Шугер [11], были определены полевка-экономка (40.4 %), белка (25 %), темная полевка (12.4 %), лесной лемминг (11 %), красная и рыжая полевки (вместе 6 %) и водяная полевка (4.4 %). В местонахождении Шежым преобладают остатки белки (29.8 %), примерно в равных долях (по 8—11 %) представлены остатки водяной, темной полевки, полевки-экономки, лесного лемминга. Полевки трех видов *Clethrionomys* вместе составили 13 % [20].

Интересен и тот факт, что в погадках, найденных в долине реки Шарью, не было обнаружено остатков лесного лемминга, в то время как в сообществе мелких млекопитающих Приполярного и Северного Урала на их долю приходится более 10 % от всех остатков. Лесной лемминг населяет таежную зону: ельники разного типа, сосново-еловые леса, а также обитает в смешанных лесах и ивняковых зарослях по берегам рек [22]. Такие биотопы в настоящее время наблюдаются на Приполярном, Северном Урале и на территории гряды Чернышева [1—3]. Поэтому можно предположить, что полное отсутствие лесного лемминга в локальных ориктоценозах гряды Чернышева связано с избирательностью пернатых хищников при отлове своих жертв.



Выводы

В результате исследований было установлено, что в субатлантическое время микротериофауны гряды Чернышева и Приполярного Урала были практически идентичными и имели лесной облик, характерный для всех позднеголоценовых сообществ северо-востока Европы, что неудивительно, учитывая географическую близость районов. Эти фауны отличались от сообществ восточного макросклона Полярного Урала, которые имели типичный тундровый состав и экологическую структуру. В современных (последние 80 лет) комплексах мелких млекопитающих гряды Чернышева и сопредельных территорий наблюдаются явные различия, имеющие тафономическую природу.

Авторы благодарны сотруднику Института геологии Коми НЦ УрО РАН А. А. Кряжеву за помощь при проведении полевых работ.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ 16-35-00116 мол_а и Программы фундаментальных исследований УрО РАН №15-18-5-38.

Литература

1. Атлас Коми АССР. М., 1964. 112 с.
2. Биоразнообразие водных и наземных экосистем бассейна реки Кожым (северная часть национального парка «Югыд ва») / Отв. редактор Е. Н. Патова. Сыктывкар, 2010. 192 с.
3. Бобрецов А. В., Лукьянова Л. Е., Порошин Е. А. Структура и динамика населения мелких млекопитающих предгорий Северного Урала // Закономерности зональной организации комплексов животного населения Европейского Северо-Востока. Сыктывкар, 2005. С. 5—20. (Тр. Коми научного центра УрО Российской АН, № 177).
4. Бородин А. В. Определитель зубов полевок Урала и Западной Сибири (поздний плейстоцен — современность). Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 100 с.
5. Голубева Ю. В. Климат и растительность голоцена на территории республики Коми // Литосфера. 2008. № 2. С. 124—132.
6. Дымов А. А., Загирова С. В., Марченко-Вагапова Т. И. Формирование еловых биогеоценозов на Полярном Урале // Лесоведение. 2011. № 5. С. 12—23.
7. Кряжева И. В. Мелкие млекопитающие позднего плейстоцена и голоцена Приполярного Урала: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Сыктывкар. 2012. 18 с.
8. Кряжева И. В. Особенности накопления и сохранности костных остатков мелких млекопитающих в карстовых полостях Приполярного Урала // Вестник Института геологии. Сыктывкар. 2012. № 6. С. 8—10.
9. Кряжева И. В. Позднеголоценовые мелкие млекопитающие из новых местонахождений реки Кожым (Приполярный Урал) // Современная палеонтология: классические и новейшие методы. Москва, 2013. М.: ПИН РАН. С. 24.
10. Кряжева И. В., Пономарев Д. В. Микротериофауна западного склона Приполярного Урала в позднем плейстоцене и голоцене (р. Кожым) // Вестник Института геологии. Сыктывкар. 2014. № 5. С. 3—9.
11. Кряжева И. В., Пономарев Д. В., Т. ван Кольфсхотен, Х. ван дер Плихт. История формирования современных сообществ микромамманий Приполярного Урала // Экология. 2012. № 6. С. 434—441.
12. Кузьмина Е. А., Головачев И. Б. Позднеголоценовые грызуны из местонахождения Ян-гана-Пе-4 на Полярном Урале // Развитие идей академика С. С. Шварца в современной экологии: Материалы конф. Екатеринбург, 1999. С. 100—104.
13. Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений. М.: Госгеолтехиздат, 1955. Ч. 2. 486 с.
14. Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений. Л.: Недра, 1987. 308 с.
15. Методы изучения осадочных пород. М.: Госгеолтехиздат, 1957. Т. 2. 564 с.
16. Никифорова Л. Д. Динамика ландшафтных зон голоцена северо-востока европейской части СССР // Развитие природы территории СССР в позднем плейстоцене и голоцене. М.: Наука, 1982. С. 154—162.
17. Оводов Н. Д. Палеофаунистическое изучение пещер // Общие методы изучения истории современных экосистем. М.: Наука, 1979. С. 102—128.
18. Смирнов Н. Г. Динамика видов и их комплексов как предмет исследований исторической экологии // Экология. 2006. № 6. С. 452—456.
19. 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: Сб. науч. тр. Челябинск, 1997. С. 60—90.
20. Смирнов Н. Г., Садыкова Н. О. Источники погрешностей при фаунистических реконструкциях в четвертичной палеозоологии // Четвертичная палеозоология на Урале. Екатеринбург: Изд. Урал. ин-та, 2003. С. 98—115.
21. Турьева В. В. Эколого-фаунистический обзор мелких млекопитающих западного склона Приполярного Урала // Животный мир западного склона Приполярного Урала (Труды Коми филиала АН СССР). Сыктывкар. 1977. С. 44—101.
22. Фауна Европейского Северо-Востока России. Млекопитающие. СПб.: Наука, 1994. Т. II. ч. 1. 280 с.
23. Mayhew D. F. Avian predators as accumulators of fossil mammal material // Boreas. 1977. Т. 6. № 1. P. 25—31.

References

1. Atlas of Komi ASSR. Moscow, 1964, 112 pp.
2. *Bioraznoobrazie vodnyh i nazemnyh ekosistem basseina reki Kozhym (severnaya chast natsionalnogo parka "Yugyd va")* (Biodiversity of water and land ecosystems of the Kozym River basin (northern part of national park Yugydva)). Ed. E. N. Patova. Syktyvkar, 2010, 192 pp.
3. Bobretsov A. V., Lukyanova L. E., Poroshin E. A. *Struktura i dinamika naseleniya melkih mlekopitayuschih predgorii Severnogo Urala* (Structure and dynamics of population of small mammals of Northern Urals). In: *Zakonomernosti zonalnoi organizatsii kompleksov zhivotnogo naseleniya evropeiskogo Severo-Vostoka* (Regularities of zonal organization of complexes of animal population of European North-East). Syktyvkar, 2005, pp. 5—20.
4. Borodin A. V. *Opredelitel zubov polevok Urala i Zapadnoi Sibiri (pozdnii pleistotsen-sovremennost)* (Guide for teeth of voles from Urals and Western Siberia (Late Pleistocene-modern times)). Ekaterinburg, UB RAS, 2009, 100 pp.

5. Golubeva Yu. V. *Klimat i rastitelnost golotsena na territorii respubliki Komi* (Climate and vegetation in Holocene in Komi Republic). *Litosfera*, 2008, No. 2, pp. 124–132.
6. Dymov A. A., Zagirova S. V., Marchenko-Vagapova T. I. *Formirovanie elovyh biogeotsenozov na Polyarnom Urale* (Formation of fur biogeocenoses in Polar Urals). *Lesovedenie*, 2011, No. 5, pp. 12–23.
7. Kryazheva I. V. *Melkie mlekopitayushchie pozdnego pleistotsena i golotsena Pripolyarnogo Urala* (Small mammals in Late Pleistocene and Holocene in Subpolar Urals). Extended abstract of PhD dissertation (geology and mineralogy). Syktyvkar, 2012, 18 pp.
8. Kryazheva I. V. *Osobennosti nakopleniya i sohrannosti kostnykh ostatkov melkih mlekopitayushchikh v karstovykh polostyakh Pripolyarnogo Urala* (Special features of accumulation and preservation of bone remnants of small mammals in karst voids of Subpolar Urals). *Vestnik of Institute of geology. Syktyvkar*, 2012, No. 6, pp. 8–10.
9. Kryazheva I. V. *Pozdnegolotsenovyie melkie mlekopitayushchie iz novykh mestonahozhdenii reki Kozhym* (Pripolyarnyi Ural) (Late Holocene small mammals from new locations of Kozhym River (Subpolar Urals). In: *Sovremennaya paleontologiya: klassicheskie i noveishie metody* (Modern paleontology: classical and newest methods). Moscow, 2013
10. Kryazheva I. V., Ponomarev D. V. *Mikroteriofauna zapadnogo sklona Pripolyarnogo Urala v pozdnem pleistotsene i golotsene (r. Kozhym)* (Microteriofauna of western slope of Subpolar Urals in Late Pleistocene and Holocene (Kozhym river)). *Vestnik of Institute of geology. Syktyvkar*, 2014, No. 5, pp. 3–9.
11. Kryazheva I. V., Ponomarev D. V., T. van Kol'fshoten, H. van der Pliht *Istoriya formirovaniya sovremennykh soobshchestv mikromammalii Pripolyarnogo Urala* (History of formation of modern communities of micromammals of Subpolar Urals). *Ekologiya*. 2012, No. 6, pp. 434–441.
12. Kuzmina E. A., Golovachev I. B. *Pozdnegolotsenovyie gryzuny iz mestonahozhdeniya Yan-gana-Pe-4 na Polyarnom Urale* (Late Holocene gnawers from location Yanganape in Subpolar Urals). *Proceedings*, Ekaterinburg, 1999, pp. 100–104.
13. *Metodicheskoe rukovodstvo po izucheniyu i geologicheskoi semke chetvertichnykh otlozhenii* (Guide to study and geological survey of Quarternary deposits). Moscow, Gosgeoltekhizdat, 1955, Ch. 2, 486 pp.
14. *Metodicheskoe rukovodstvo po izucheniyu i geologicheskoi s'emke chetvertichnykh otlozhenii* (Guide to study and geological survey of Quarternary deposits). Leningrad, Nedra, 1987, 308 pp.
15. *Metody izucheniya osadochnykh porod* (methods of study of sedimentary rocks). Moscow, Gosgeoltekhizdat, 1957, V. 2, 564 pp.
16. Nikiforova L. D. *Dinamika landshaftnykh zon golotsena Severo-Vostoka Evropeiskoi chasti SSSR* (Dynamics of landscape zones of Holocene in north-western part of European USSR). In: *Razvitiye prirody territorii SSSR v pozdnem pleistotsene i golotsene* (Development of nature of USSR area in Late Pleistocene and Holocene). Moscow, Nauka, 1982, pp. 154–162.
17. Ovodov N. D. *Paleofaunisticheskoe izuchenie pescher* (Paleofaunistic study of caves). In: *Obshchie metody izucheniya istorii sovremennykh ekosistem* (General methods of study of history of modern ecosystems). Moscow, Nauka, 1979, pp. 102–128.
18. Smirnov N. G. *Dinamika vidov i ih kompleksov kak predmet issledovaniya istoricheskoi ekologii* (Species and their complexes dynamics as object of historical ecology). *Ekologiya*, 2006, No. 6, pp. 452–456.
19. Smirnov N. G., Golovachev I. B., Bachura O. P., Kuznetsova I. A., Cheprakov M. I. *Slozhnye sluchai opredeleniya zubov gryzunov iz otlozhenii pozdnego pleistotsena i golotsena tundrovyykh raionov Severnoi Evrazii* (Problems of determination of gnawer species from Late Pleistocene and Holocene deposits of Eurasia tundra). In: *Materialy po istorii i sovremennomu sostoyaniyu fauny severa Zapadnoi Sibiri* (Materials on history and modern state of fauna of northern Western Siberia). Chelyabinsk, 1997, pp. 60–90.
20. Smirnov N. G., Sadykova N. O. *Istochniki pogreshnostei pri faunisticheskikh rekonstruktsiyakh v chetvertichnoi paleozoologii* (Sources of errors at faunistic reconstructions in Quarternary paleozoology). In: *Chetvertichnaya paleozoologiya na Urale* (Quarternary paleozoology in Urals). Ekaterinburg, 2003, pp. 98–115.
21. Tureva V. V. *Ekologo-faunisticheskii obzor melkih mlekopitayushchikh zapadnogo sklona Pripolyarnogo Urala* (Ecological faunistic review of small mammals of western slope of Subpolar Urals). In: *Zhivotnyi mir zapadnogo sklona Pripolyarnogo Urala* (Animal world of western slope of Subpolar Urals). Syktyvkar, 1977, pp. 44–101.
22. *Fauna evropeiskogo Severo-Vostoka Rossii. Mlekopitayushchie* (Fauna of European north-east of Russia. Mammals). V. II. part 1. St-Petersburg, Nauka, 1994, 280 pp.
23. Mayhew D. F. Avian predators as accumulators of fossil mammal material. *Boreas*. 1977, V. 6, No. 1, pp. 25–31.



ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕРХНЕФРАНСКИХ ВУЛКАНОКЛАСТИЧЕСКИХ ГРАУВАКК ОКРЕСТНОСТЕЙ ОЗЕРА ЯЛАНГАСКУЛЬ (ЗАПАДНО-МАГНИТОГОРСКАЯ ЗОНА ЮЖНОГО УРАЛА)

А. М. Фазлиахметов¹, М. Ю. Аржавитина², А. А. Гилязов^{1, 2}

¹Институт геологии УНЦ РАН, Уфа, famrb@mail.ru

²Башкирский государственный университет, Уфа

Франские отложения Западно-Магнитогорской зоны Южного Урала изучаются на протяжении нескольких десятилетий. В окрестностях озера Ялангаскуль авторами была обнаружена толща переслаивающихся кислых вулканокластических граувакк и кремней. Ее изучение позволило выявить ранее неизвестные особенности геологического развития территории в конце франа. Выявленная толща прослежена по простиранию при маршрутных наблюдениях и по аэрофотоснимкам. В результате установлено, что она представляет собой линзу протяженностью 30—35 км и максимальной мощностью 350 м.

Петрографическое изучение песчаников позволило отнести их к грауваккам и полевошпатовым грауваккам. В них преобладают обломки кислых эффузивов, кварц и полевые шпаты, в меньшей степени развиты обломки вулканитов среднего и основного состава, кремней и кварцитов. Выделены четыре генетические группы обломков: пирокластические, вулканотерригенные, интракластические и кварцитов неясной природы. В песчаниках описана бластоцементная структура. Наличие градационной сортировки, ритмичность и ассоциация песчаников с кремнистыми породами указывает на глубоководные обстановки седиментации и поступление обломочного материала посредством турбидных потоков. Их источником служила область вулканической активности, где в осадочный процесс вовлекались продукты эксплозий, размыва литифицированных вулканитов и нелитифицированных кремнисто-тонкообломочных осадков. По положению в разрезе толща кислых вулканокластических граувакк может быть предположительно отнесена к нижней части биягодинской свиты, что соответствует верхним горизонтам франского яруса.

Ключевые слова: граувакки, бластоцементная структура, тефротурбидиты, глубоководные отложения, биягодинская свита, франский ярус, Южный Урал.

PETROGRAPHICAL FEATURES OF UPPER FRASNIAN VOLCANICLASTIC GRAYWACKES IN JALANGASKUL REGION (WEST-MAGNITOGORSK ZONE OF SOUTH URAL)

A. M. Fazliakhmetov¹, M. J. Arzhavitina², A. A. Gilyazov^{1, 2}

¹Institute of Geology Ufa Science Centre RAS,

²Bashkir State University

The Frasnian deposits of the West Magnitogorsk Zone of the Southern Urals have been studied for several decades. Despite this, the authors discovered sequence of high-silica volcaniclastic graywackes and chert in Yalangaskul Lake region. Our study revealed previously unknown features of the geological development of the territory at the end of the Frasnian. The detected sequence was traced along by route observations and airborne photographs. As a result, it was found that the sequence is a lens with length of 30—35 km and a maximum thickness of 350 meters.

The petrographic study of sandstones allowed determining them as greywacke and feldspar greywacke. Clasts of high-silica vulcanites, quartz and feldspars are dominated, fragments of medium and basic vulcanites, cherts and quartzites are found in smaller amounts. Four genetic groups of fragments were identified: pyroclastic, volcanoterrigenous, intraclastic and quartzites with unclear genesis. Mortar texture in sandstones was described. The presence of interbedding, cyclicity and association sandstones with cherts points out the deep-sea environment and supply sediments by means of turbidity current. The source area was region of volcanic activity, where explosion material, products of erosion of lithified volcanic rocks and soft siliceous fine-clastic sediments were involved in sedimentary process.

On the base of high-silica volcaniclastic greywackes position they can be attributed presumably to the bottom of the Biyagodinskaya suite, which corresponds to the upper horizons of the Frasnian.

Keywords: graywackes, mortar texture, tephroturbidities, deepwater deposits, the Biyagodinskaya suite, the Frasnian, South Ural.

Введение

Девонские осадочные и вулканогенно-осадочные отложения Западно-Магнитогорской зоны (ЗМЗ) изучаются уже на протяжении нескольких десятилетий. В результате накоплен представительный фактический материал по их стратиграфии и литологии [1—4, 6—9, 12, 14, 15, 17, 18 и др.]. Несмотря на это, детальные исследования на некоторых участках позволяют получить новые данные и дополнить имеющиеся сведения о районе работ. Примером тому служит разрез верхнего девона в окрестностях озера Ялангаскуль. Его отличает большая мощность верхнефранских отложений (более 2000 м) и присутствие толщ кислых вулканокластических граувакк и кремней, о которой практически ничего не упоминалось в работах предшественников. Эта толща существенно отличается от ниже- и вышележащих отложений по многим пара-

метрам. Она отвечает самостоятельному, ранее неизученному интервалу геологической истории ЗМЗ, что и послужило основанием для петрографического описания слагающих ее пород.

Расположение разреза и его краткая характеристика

Рассматриваемый разрез расположен приблизительно в 50 км к юго-западу от города Магнитогорск, в 10 км к юго-западу от деревни Халилово Абзелиловского района республики Башкортостан, на широте озера Ялангаскуль (рис. 1).

Согласно современным стратиграфическим данным [3, 6], к франскому ярусу в Западно-Магнитогорской зоне относятся верхняя часть улутауской, мукасовская и нижняя часть биягодинской сви-

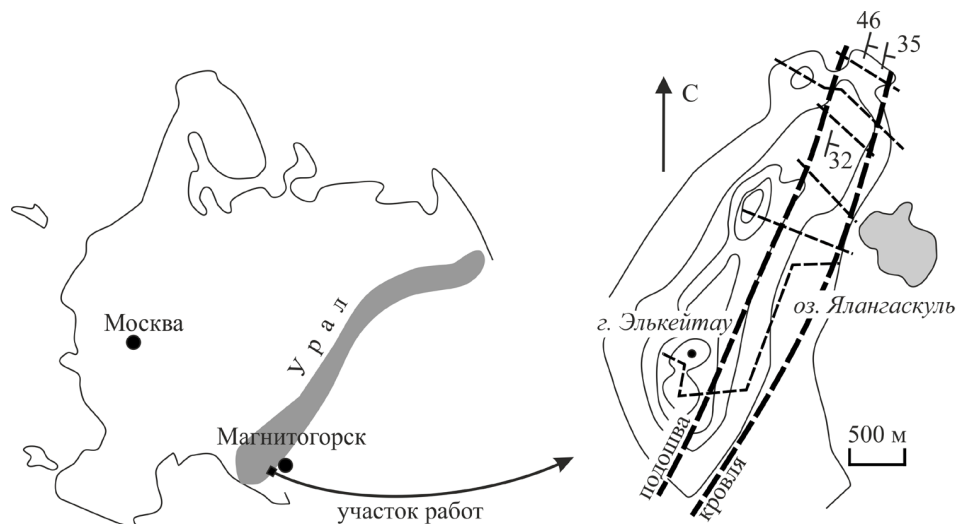


Рис. 1. Расположение района работ. Жирным пунктиром обозначены кровля и подошва толщи переслаивания граувакк и кремней; тонким пунктиром показаны абрисы маршрутов

Fig. 1. Location of work area. Greywacke and cherts interbedding is marked by bold dotted lines; outlines routes is marked by thin dotted lines

ты (рис. 2). Их границы охарактеризованы конодон-тами, что позволяет надежно коррелировать многие разрезы разнофациальных отложений как между собой, так и с Международной стратиграфической шкалой. Так, установлено [6], что мукасовская и ана-логи биягодинской свиты в районе деревни Мукасево-1 сложены в основном кремнями суммарной мощ-ностью около 60 м. Приблизительно в 60 км к северу, у д. Идяш-Кускарово, мощность разновозрастных с ними отложений составляет уже около 1100 м и они пред-ставлены преимущественно обломочными разности-ми — песчаниками и алевролитами [6]. Для уточнения характера и особенностей переходной зоны непосред-ственно между указанными пунктами (в окрестностях озера Ялангаскуль) нами проведено дополнительное изучение верхнефранских отложений. В кратком из-ложении их разрез следующий.

1. Граувакки полевошпатовые, светло-серые, с зеленым оттенком, от мелко- до грубозернистых, пе-реслаивающиеся с зеленовато-серыми кремнями и светло-зелеными кремнистыми алевролитами. Зерна плагиоклаза (преимущественно олигоклаза) составля-ют не более 35 % от общего числа зерен. Обломки по-род (55—70 %) представлены плагиоклазовыми пор-фиритами, редко серицитовыми сланцами и кварци-тами. В некоторых образцах встречаются зерна квар-ца (до 5 %). Граувакки характеризуются градационной сортировкой материала, мощность отдельных слоев колеблется от 0.4 до 1.3 м. Видимая мощность разре-за 100—150 м.

2. Кремни и кремнисто-глинистые сланцы, чер-ные и темно-серые, тонкослоистые. Мощность 50 м.

3. Задернованный интервал. Лишь в одной зако-пушке встречены сильно выветрелые породы, явля-ющиеся, вероятно, полевошпатовыми граувакками. Мощность 70 м.

4. Переслаивание кислых вулканокластических граувакк и кремнистых пород. В нижней части раз-реза залегают черные кремни. По направлению вверх среди них появляются прослои алевролитов, мелко- и

тонкозернистых песчаников с градационной сорти-ровкой и мощностью от первых миллиметров до 3 см. Вверх по разрезу мощность прослоев песчаников по-степенно увеличивается до 0.3—0.7 м, они становят-ся крупно- и грубозернистыми. Цвет кремней меня-ется на серый и светло-серый. Образующие ими сло-и уменьшаются в мощности до 5—30 мм и встреча-ются все реже. Приблизительно в 300-х метрах по мо-щности от первого появления песчаников залегает не-сколько (от 4 до 7 в разных пересечениях) линзовид-ных горизонтов щебнево-дресвяных микститов мо-щностью 0.5—1.7 м. В них присутствуют редкие глыбы слоистых кремней, не отличимых от тех, что пересла-иваются с кластолитами. Мощность 350 м.

Толща переслаивания кислых вулканокластиче-ских граувакк и кремней прослежена по простира-нию при стереоскопическом изучении аэрофотосним-ков и непосредственно при маршрутных наблюдениях. На расстоянии 10—12 км на север и на юг мощность её постепенно сокращается до 80—100 м, из неё исчеза-ют микститы и грубозернистые разности песчаников. Слои кремней становятся более частыми. На еще боль-шем расстоянии (20—25 км) породы данного интерва-ла не встречены. Таким образом, толща переслаива-ния кислых вулканокластических граувакк и кремней представляет собой линзовидное тело протяженностью около 30—35 км при максимальной мощности 350 м.

5. Граувакки от мелко- до крупнозернистых се-рого и темно-серого цвета с градационной сортиро-вкой, образующие отдельные слои мощностью от 0.2 до 1.1 м. Среди обломочного материала преоблада-ют кварц, плагиоклаз, вулканыты от кислого до ос-новного состава, реже встречаются кремни, кварци-ты, серицитовые и кварц-серицитовые сланцы, эпи-дотизированные вулканические породы, известняки. Генетически данные отложения относятся к вулкано-терригенным турбидитам. Среди граувакк на разных уровнях залегает пять хорошо выдержанных по про-стиранию горизонтов кремней мощностью от 1 до 3 м. Общая мощность 600 м.

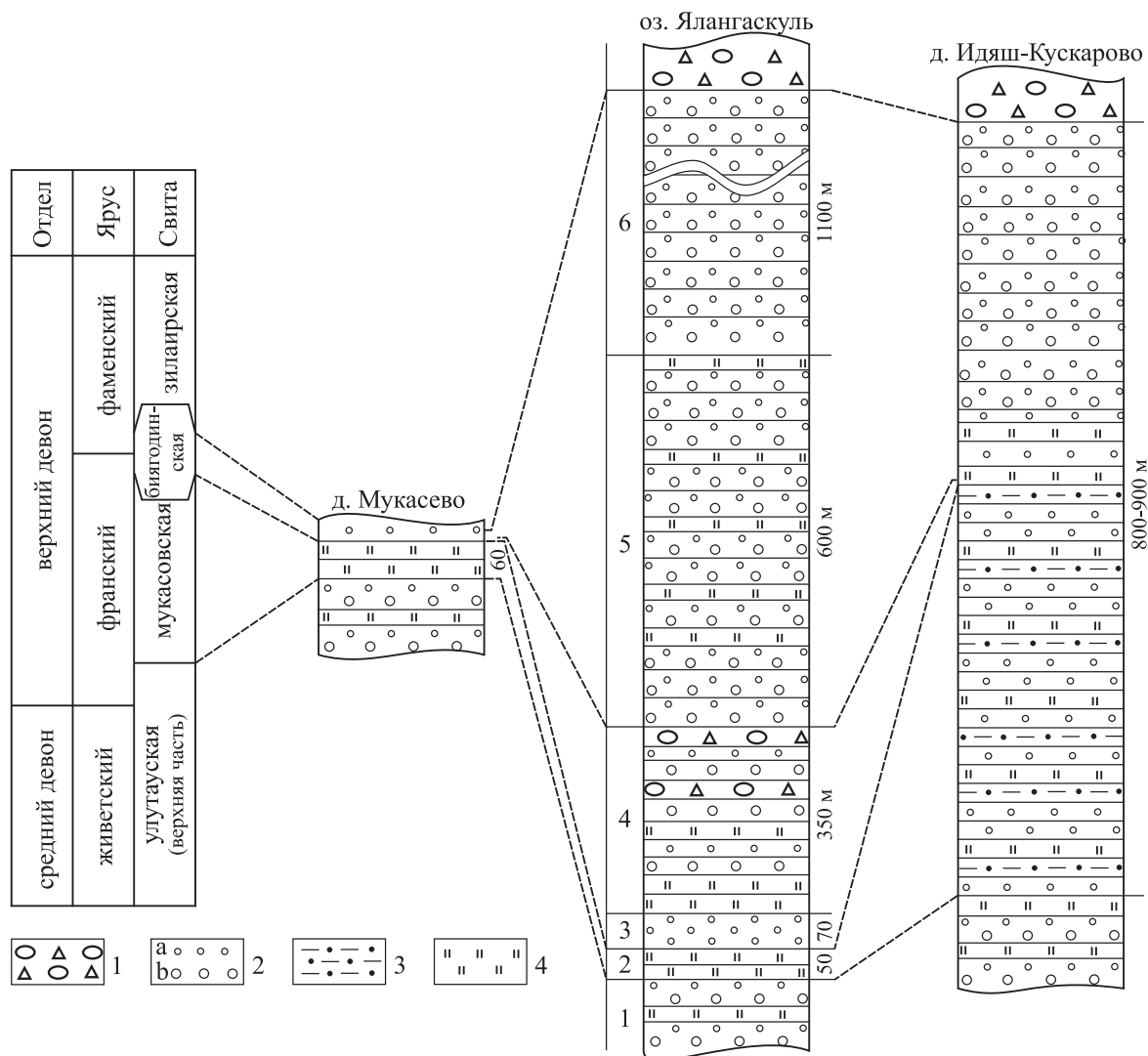


Рис. 2. Корреляция разрезов франских отложений Западно-Магнитогорской зоны. Составлена по данным (Маслов, Артюшкова, 2010) и авторским материалам. Условные обозначения: 1 — микститы; 2 — песчаники тонко-, мелко- и среднезернистые (а), крупно- и грубозернистые (б); 3 — алевролиты; 4 — кремни. Цифрами слева от центральной колонки указаны номера слоев по тексту

Fig. 2. Correlation of Frasnian deposits in West-Magnitogorsk zone. Compiled according to [5] and contributions. Legend: 1 — mixtites; 2 — sandstone fine-grained (a) and coarse-grained (b); 3 — siltstones; 4 — cherts. The digits to the left of the center column indicate number of layers from the text

6. Граувакки, аналогичные вышеописанным, но без горизонтов кремней. С ними в ассоциации находятся алевролиты и аргиллиты темно-серого и почти черного цвета, которые слагают как самостоятельные пакки мощностью первые метры, так и тонкие прослои, завершающие пласты турбидитов. Мощность 1100 м.

7. Олистостром, состоящий из глыб и блоков вулканических пород, песчаников и известняков. Мощностью более 200 м.

Толща 1 по особенностям состава песчаников относится к верхней части улутауской свиты. Сопоставление толщ 2—5 с какой-либо свитой затруднено ввиду отсутствия остатков фауны и прочих весомых оснований для корреляции. Толща 6 относится к нижней части биягодинской свиты, поскольку отчетливо прослеживается на север и на юг до д. Идяш-Кускарово, Туркменево-1 и др., где нижняя граница указанной свиты охарактеризована конодонтами [6].

Толща 7 отвечает верхней части бягодинской свиты. Ее подошва соответствует границе франского и фаменского ярусов [6].

Из приведенного описания видно, что интервал разреза, соответствующий, вероятно, мукасовской и нижней части бягодинской свиты (толщи 2—6), имеет аномально большую мощность — более 2000 м против 60 м у д. Мукасево-1 и 800—900 м у д. Идяш-Кускарово. Кроме этого, описанный разрез отличается присутствием толщи кислых вулканокластических граувакк и переслаивающихся с ними кремней (толща 4).

Особенности петрографического состава вулканокластических граувакк и кремнистых пород (толща 4)

Кремнистые сланцы и кремни (радиоляриты) состоят из криптокристаллического кварца с размером зерен в основном менее 0.01 мм и редкой примесью че-

шек серицита и призматических кристаллов полевых шпатов. Многочисленные радиолярии (рис. 3) распространены в породе неравномерно. Рассеяны мелкие (0.01 мм) зерна гематита, магнетита, лейкоксенизированного ильменита, эпидота, единичные зерна анатаза. В некоторых образцах встречаются кристаллы карбоната, близкого по своим оптическим свойствам к кальциту (рис. 3). Их размер 0.2—1.2 мм, форма удлинённая или изометричная, края округлены. В центральной части кристаллов часто можно видеть радиолярий.

Текстура кремней микрослоистая, что подчеркивается параллельными и субпараллельными нитевидными прерывистыми прослойками глинистого вещества и гематита.

Среди относительно чистых кремней в виде тонких (первые мм) слоёв залегают **алевролиты и алевритистые кремни**, состоящие из обломков кварца и плагиоклазов, реже ортоклазов и чешуек слюды размером до 0.2 мм. Обломочный материал не окатан, зерна с округленными контурами единичны. Цементирующая масса — криптокристаллический кварц, в меньшей степени хлорит.

Субпараллельно напластованию расположены слегка удлинённые зерна анатаза и лейкоксена, замещающего ильменит.

Песчаники разнозернистые, полимиктовые, плохо отсортированные (собственно граувакки и полевошпатовые граувакки). В одном шлифе можно видеть зерна от алевритовой до мелкогравийной размерности при существенном преобладании псаммитовых частиц, представленных обломками кварца, плагиоклаза, ортоклаза, магматических и метаморфических пород. На классификационной диаграмме В. Д. Шутова [19] фигуративные точки ложатся в поле собственно граувакк.

Кварц (3—10 %) характеризуется зернами размером от 0.02 до 0.4 мм в тонко- и мелкозернистых песчаниках и до 1,5 мм и более в крупно- и грубозернистых разностях. Форма зерен различна — округлая, треугольная, почти квадратная, редко саблевидная и серповидная. В некоторых случаях наблюдаются заливообразные контуры (рис. 3), характерные для кварца эффузивных пород. Обычны включения пузырьков газа, встречаются игольчатые кристаллы апатита. В редких случаях видны тонкие (0.01 мм) каемки нарастания кристаллов кварца размером 0.01—0.03 мм. В некоторых зернах видны трещины, выполненные слюдой и хлоритом или глинистым материалом.

Зерна **ортоклаза** (3—15 %) таблитчатой формы, размером 0.3—0.8 мм, с простыми двойниками и без них, слабопелитизированы с сохранением первичной огранки, в некоторых образцах каолинитизированы.

Плагиоклаз (10—15 %) представлен таблитчатыми, удлинённо-таблитчатыми и изометричными кристаллами длиной до 0.5 мм с хорошо выраженными полисинтетическими двойниками. Они слабо сосюритизированы, серицитизированы, пелитизированы, эпидотизированы или хлоритизированы.

Мусковит (до 1 %) в виде пластинок размером до 0.3 мм с неровными краями встречается в редких случаях.

Обломки пород (52—80 %) представлены в основном вулканическими и существенно им уступающими

ми по количеству метаморфическими и осадочными разностями. Их форма изометричная или удлинённая, контуры неровные, угловатые, редко, у кварцевых порфиров, прихотливые с «апофизами» и «заливами».

Среди зерен вулканических пород существенно преобладают кварцевые порфиры и кварц-плагиоклазовые порфириты с микролитовой и микрофельзитовой основной массой (35—45 %). Значительно им уступают обломки с гиалопилитовой, сферолитовой, гиалофитовой и ортофировой структурами основной массы (до 3 %), характерными для пород среднего и основного состава.

Микролиты плагиоклаза в обломках эффузивов чистые, возможно альбитизированы. Часть обломков основных и средних пород эпидотизирована, хлоритизирована или серицитизирована.

Обломки метаморфических пород (до 3 %) представлены кварцитами с гранобластовой структурой, в которых кристаллы кварца плотно прилегают друг к другу, и слюдистыми (мусковитовыми) кварцитами с субпараллельным расположением кварца и мусковита. Границы зерен кварца неровные, лапчатые.

В породе присутствуют единичные обломки кремней и кремнисто-глинистых пород уплощенной формы с неровными, рваными краями.

Акцессорные минералы. В шлифах установлены циркон, апатит, эпидот, анатаз, магнетит, гематит и лейкоксенизированный ильменит. В тяжелой фракции определены циркон, апатит, эпидот, корунд, гранат, рутил, ильменит, магнетит.

Цемент. В мелко- и тонкозернистых песчаниках глинисто-хлоритовый, тогда как в среднезернистых и более грубых разностях обломочный материал сцементирован поликристаллическим кварцем (рис. 3). Размер его индивидов и характер границ меняются от участка к участку. Преобладают изометрично-полигональный и грануляционный типы по классификации И. М. Симановича [11]. Редко встречаются участки с изрезанными, лапчатыми контурами. Размер индивидов колеблется в интервале 0.01—0.07 мм, при этом наиболее крупные окаймляют обломки кварца, кислых эффузивов и кремней. Изредка в цементе встречаются чешуйки серицита, хлорита, двойники плагиоклаза, кальцит. Поликристаллический кварцевый цемент хорошо диагностируется под микроскопом. Он окружает зерна практически со всех сторон, формируя каемки шириной от 0.01 до 0.07 мм и гнезда размерами до 0.12 мм.

Поликристаллический кварцевый цемент, по всей видимости, сформировался при рекристаллизационно-грануляционном бластезе. Степень его проявления различна. На одних участках сохранена псаммитовая структура породы, форма обломков не претерпела существенных изменений, но замещен матрикс и затушёван микрорельеф зерен. На других участках цемент «поглотил» зерна, их границы расплывчаты, первичная форма утрачена. В этом случае структура пород может быть охарактеризована как бластоцементная [10]. Редко кварцевый цемент отсутствует, тогда обломки прилегают друг к другу плотно либо разделены глинисто-хлоритовой пленкой.

Бластоцементная структура, согласно Ю. И. Половинкиной [10], формируется при катаклазе богатых

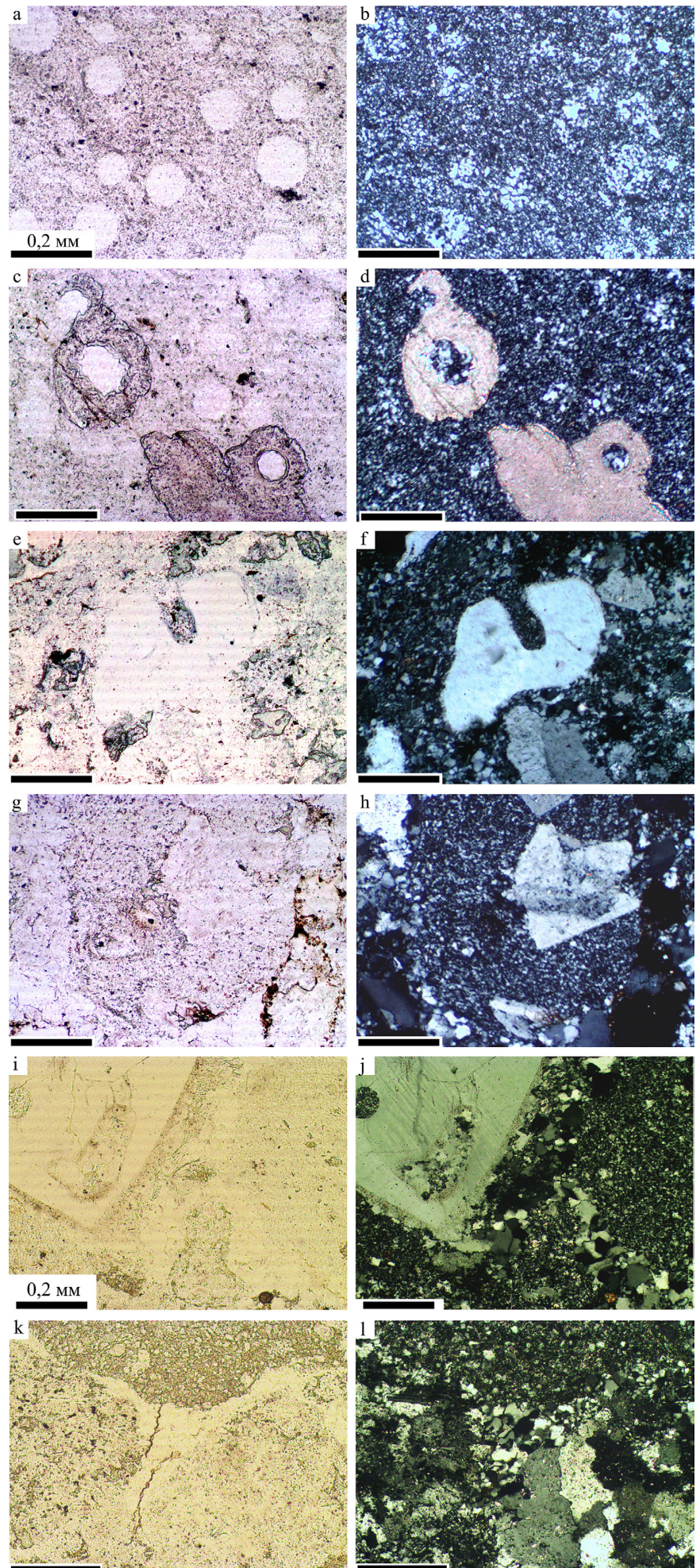


Рис. 3. Микрофотографии шлифов: а–б — радиолариты; с–д — радиолариты с карбонатными оболочками вокруг раковин; е–ф — зерно кварца с заливообразным контуром; г–h — обломок плагиоклазового порфирита с микролитовой структурой основной массы; и–l — поликристаллический кварцевый цемент; а, с, е, г, и, к — без анализатора; б, д, ф, h, j, l — николи скреплены

Fig. 3. Microphotography: а–b — radiolarites; с–d — radiolarites with carbonate concretions around radiolarians; е–f — grains of quartz with bay circuit; г–h — chip of plagioclase porphyry with microlitic structure; и–l — polycrystalline quartz cement; а, с, е, г, и, к — without analyzer; б, д, ф, h, j, l — with analyzer

кварцем пород (гранитов, гнейсов и др.) и последующем бластезе тонкораздробленного, преимущественно кварцевого материала. Дробление при этом происходит по границам зерен кварца, вулканитов кислого состава и кремней. Отметим, что макроскопические проявления тектонического стресса практически не заметны в изученных граувакках. Трещины в них сравнительно редкие — через 5–20 см. В противоположность этому породы толщ 5 и 6 разбиты многочисленными трещинами (кливаж) на плитки разной толщины: от 10–30 мм в грубозернистых граувакках до долей мм в кремнистых и кремнисто-глинистых породах.

Обсуждение

Повсеместное распространение градационной сортировки, ритмичность и ассоциация собственно граувакк и полевошпатовых граувакк с тонкослоистыми кремнистыми и кремнисто-тонкообломочными породами указывает на глубоководные обстановки седиментации и привнос обломочного материала турбидными потоками. Учитывая постепенное увеличение по разрезу мощности отдельных слоев песчаников и размера зерен, можно сделать вывод, что плотность потоков возрастала от низкой (мелкозернистые турбидиты) к высокой (грубозернистые турбидиты) по классификации Д. А. В. Стоу [13].

По результатам петрографического изучения обломочный материал граувакк может быть разделен на четыре генетические группы, содержание которых изменчиво.

К первой группе относятся обломки, форма и состав которых характерны для частиц пирокластики: 1) осколки кварца саблевидной, серповидной и треугольной формы; 2) обломки кислых эффузивов с микрофельзитовой структурой, обладающие неправильной формой, в том числе с «апофизами» и «заливами»; 3) идиоморфные кристаллы полевых шпатов и оплавленные — кварца.

Во вторую группу включены обломки кислых вулканитов с микролитовой структурой основной массы, вулканитов среднего и основного состава, как мало измененных, так и эпидотизированных, серицитизированных и хлоритизированных. Они имеют неправильную изометричную или удлиненную форму, в редких случаях округлены. Наиболее вероятно, что большинство обломков этой группы сформировалось при размыве литифицированных вулканитов разной кремнекислотности, структуры и степени метаморфизма.

К третьей группе относятся обломки кварцитов, форма которых близка к округлой. К сожалению, их окатанность оценить не удалось из-за наложенных изменений, вызванных катаклазом и бластезом. Источник кварцитов неясен, но отметим, что подобные зерна встречаются в нижележащих отложениях улугауской свиты.

Четвертая группа включает обломки кремней, большинство которых имеют уплощенную неправильную форму. Иногда они деформированы, имеют «апофизы» и рваные края. В псефитовых разностях уплощенные по слоистости глыбы серых и светло-серых кремней и кремнисто-тонкообломочных раз-

ностей часто деформированы. Перечисленные признаки позволяют считать, что обломки этой группы являются интракластами. Мобилизация их обусловлена эрозионной деятельностью высокоплотных турбидных потоков и захватом осадков, выстилающих дно.

Отметим, что отнесение вулканокластических пород или отдельных зерен вулканитов к той или иной генетической группе, как правило, носит условный характер. Причины этого многократно рассматривались [15, 16]. В свою очередь, гипотетичным является и выделение первых двух групп. Например, зерна вулканитов второй группы частично могли быть мобилизованы не только в результате размыва, но и при разрушении вулканических построек и их фундаментов во время эксплозий, свойственных извержениям лав кислого состава.

Таким образом, петрографическое изучение верхнефранских отложений в районе озера Ялангаскуль позволило установить, что мобилизация обломочного материала осуществлялась за счет эксплозий и размыва литифицированных вулканических пород и нелитифицированных кремнисто-тонкообломочных осадков. Транспортировка кластики в глубоководные области осуществлялась посредством турбидных потоков малой и высокой плотности.

О накоплении толщи кислых вулканокластических граувакк в процессе вулканизма, помимо присутствия обломков пирокластики, свидетельствует собственное тефроидом [5] отсутствие прослоев аргиллитов и наличие многочисленных прослоев кремней, характерное для вулканически активных зон [17].

Накопленную при вулканизме толщу граувакк можно гипотетически сопоставить с нижними горизонтами биягодинской свиты. Именно в биягодинское время в северных районах ЗМЗ после длительной паузы возобновился вулканизм (так, например, была сформирована бугодакская толща) [6]. Подтвердить данное предположение биостратиграфическим методом пока не представляется возможным. Несмотря на многочисленность конодонтов в кремнях, переслаивающихся с граувакками, значимой стратиграфической информации они не дают.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что в разрезе верхнефранских отложений в окрестностях озера Ялангаскуль присутствует линзовидная толща мощностью в 350 м, сложенная преимущественно кислыми вулканокластическими граувакками и кремнями. Обломочный материал представлен кварцем, полевыми шпатами, кварцевыми порфирами и кварц-полевошпатовыми порфиритами. Обломки вулканитов среднего и основного состава и кварцитов содержатся в подчиненном количестве.

Седиментация протекала в глубоководных условиях посредством турбидных и обломочных потоков. Их источником служила область вулканической активности, где в осадочный процесс вовлекались продукты эксплозий, размыва литифицированных вулканитов и нелитифицированных кремнисто-тонкообломочных осадков.



По положению в разрезе толща вулканокластических граувакк может быть предположительно отнесена к нижней части биягодинской свиты, что соответствует верхним горизонтам франского яруса.

Исследования выполнены по теме государственного задания № 0252-2014-0003 при частичном финансировании РФФИ, грант 14-05-31271.

Литература

1. Аржавитина М. Ю. К геохимии пород зилаирской свиты Магнитогорского мегасинклиория // Вопросы минералогии и геохимии руд и горных пород Южного Урала. Уфа: Институт геологии БФ АН СССР, 1976. С. 105—111.
2. Аржавитина М. Ю. Особенности минерального состава терригенных пород зилаирской свиты Магнитогорского мегасинклиория // Минералогическо-геохимические особенности колчеданных месторождений, вулканогенных и осадочных образований Южного Урала. Уфа: Институт геологии БФ АН СССР, 1978. С. 48—55.
3. Артюшкова О. В. Биостратиграфия по конодонтам вулканогенно-осадочных отложений девона Магнитогорской мегазоны Южного Урала: Автореф. дис. ... д. г.-м. н. Новосибирск: Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, 2009. 40 с.
4. Либрович Л. С. Геологическое строение Кизило-Уртязимского района на Южном Урале. Л., М.: ОНТИ НКТП СССР, 1936. 208 с. (Труды ЦНИГРИ; Вып. 81).
5. Малеев Е. Ф. Вулканиды: Справочник. М.: Недра, 1980. 240 с.
6. Маслов В. А., Артюшкова О. В. Стратиграфия и корреляция девонских отложений Магнитогорской мегазоны Южного Урала. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 288 с.
7. Маслов В. А., Артюшкова О. В., Павлов В. В., Барышев В. Н. Обоснование возраста по фауне конодонт вулканогенно-осадочных толщ Узункырской зоны (район Юлдашевской структуры). Уфа, 1987. 32 с.
8. Мизенс Г. А. Седиментационные бассейны и геодинамические обстановки в позднем девоне ранней перми юга Урала. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2002. 192 с.
9. Мизенс Г. А. Редкие элементы и особенности источников сноса обломочного материала осадочных формаций девона и карбона в восточных зонах Южного Урала // Геохимия. 2009. № 12. С. 1259—1278.
10. Половинкина Ю. И. Структуры и текстуры изверженных и метаморфических пород. Ч. 2. Том I. Изверженные породы. М.: Недра, 1966. 424 с.
11. Симанович И. М. Кварц песчаных пород. М.: Наука, 1978. 156 с. (Труды ГИН АН СССР. Вып. 314).
12. Смирнов Г. А., Смирнова Т. А., Ключина М. Л., Анфимов Л. В. Материалы к палеогеографии Урала. Очерк 5. Франский век. М.: Наука, 1974. 218 с.
13. Стоу Д. А. В. Морские глубоководные терригенные отложения // Обстановки осадконакопления и фации. М.: Мир, 1990. Т. 2. С. 141—194.
14. Фазлиахметов А. М., Зайнуллин Р. И. Геохимические критерии отличия вулканокластических граувакк нижнего и среднего девона Западно-Магнитогорской зоны Южного Урала // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2015. № 12. С. 31—35.
15. Фролов В. Т. Вулканогенно-осадочные породы ирендыкской свиты Южного Урала и вопросы их классификации и номенклатуры // Классификация и номенклатура вулканогенно-осадочных пород: Материалы все-

союзного семинара. Тбилиси: Изд. ЦК КП Грузии, 1970. С. 97—112.

16. Хворова И. В. Вулканизм и осадкообразование // Литология в исследованиях геологического института АН СССР. М.: Наука, 1980. С. 9—55.

17. Хворова И. В. Кремненакопление в геосинклинальных областях прошлого // Осадкообразование и полезные ископаемые вулканических областей прошлого. Т. 1. Осадконакопление. М.: Наука, 1968. С. 9—136. (Труды ГИН АН СССР; вып. 195).

18. Хворова И. В., Ильинская М. Н. Верхнедевонские граувакковые отложения Южного Урала и механизм их формирования // Литология и полезные ископаемые. 1980. № 4. С. 55—67.

19. Шутов В. Д. Классификация песчаников // Там же. 1967. № 5. С. 86—103.

References

1. Arzhavitina M. Yu. *K geohimii porod zilairskoi svity Magnitogorskogo megasinklinoriya* (Geochemistry of zilairskaya suite of Magnitogorsk megasynclorium). In: *Voprosy mineralogii i geohimii rud i gornyh porod Yuzhnogo Urala* (Mineralogy and geochemistry of ores and rocks of South Urals). Ufa, Institute of geology, 1976, pp. 105—111.
2. Arzhavitina M. Yu. *Osobennosti mineralnogo sostava terrigennykh porod zilairskoi svity Magnitogorskogo megasinklinoriya* (Features of mineral composition of terrigenous rocks of zilairskaya suite of Magnitogorsk megasynclorium). In: *Mineralogico-geohimicheskie osobennosti kolchedannykh mestorozhdenii, vulkanogennykh i osadochnykh obrazovaniy Yuzhnogo Urala* (Mineralogical and geochemical characteristics of sulphide deposits, volcanogenic and sedimentary units of South Urals). Ufa, Institute of geology, 1978, pp. 48—55.
3. Artyushkova O. V. *Biostratigrafiya po konodontam vulkanogenno-osadochnykh otlozhenii devona Magnitogorskoi megazonny Yuzhnogo Urala* (Biostratigraphy for conodonts of volcanogenic-sedimentary Devonian deposits of South Urals). Extended abstract of PhD dissertation. Novosibirsk, Institute of oil-gas geology and geophysics, 2009, 40 pp.
4. Librovich L. S. *Geologicheskoe stroenie Kizilo-Urtazym'skogo raiona na Yuzhnom Urale* (Geological structure of Kizil-Urtazym region in South Urals). Leningrad, Moscow, 1936, 208 pp. (Trudy TsNIGRI; 81).
5. Maleev E. F. *Vulkanity: Spravochnik* (Volcanites: Guide). Moscow, Nedra, 1980, 240 pp.
6. Maslov V. A., Artyushkova O. V. *Stratigrafiya i korrelyatsiya devonskiykh otlozhenii Magnitogorskoi megazonny Yuzhnogo Urala* (Stratigraphy and correlation of Devonian deposits of Magnitogorsk megazone of South Urals). Ufa, DizainPoligrafServis, 2010, 288 pp.
7. Maslov V. A., Artyushkova O. V., Pavlov V. V., Baryshev V. N. *Obosnovanie vozrasta po faune konodontov vulkanogenno-osadochnykh tolsch Uzunkyrskoi zony (raion Yuldashevskoi struktury)* (Confirmation of age by conodont fauna from volcanogenic-sedimentary strata of Uzunkyrskaya zone (area of Yuldashevskaya structure). Ufa, 1987, 32 pp.
8. Mizens G. A. *Sedimentatsionnye basseiny i geodinamicheskie obstanovki v pozdnem devone rannei permi yuga Urala* (Sedimentary basins and geodynamic environments in Late Devonian of Early Permian South Urals). Ekaterinburg, IGG UB RAS, 2002, 192 pp.
9. Mizens G. A. *Redkie elementy i osobennosti istochnikov snosa oblomochnoy materiala osadochnykh formatsii devona i kar-*

bona v vostochnykh zonakh Yuzhnogo Urala (Rare elements and features of source areas of sedimentary Devonian and Carboniferous formation in eastern zones of South Urals). *Geokhimiya*. 2009, No. 12, pp. 1259–1278.

10. Polovinkina Yu. Ir. *Struktury i tekstury izverzhennykh i metamorficheskikh porod* (Structure and textures of igneous and metamorphic rocks). Part two, VI, *Izverzhennyye porody* (Igneous rocks). Moscow, Nedra, 1966, 424 pp.

11. Simanovich I. M. *Kvarts peschanykh porod* (Quartz of sandstones). Moscow, Nauka, 1978, 156 pp.

12. Smirnov G. A., Smirnova T. A., Klyuzhina M. L., Anfimov L. V. *Materialy k paleogeografii Urala* (Materials to Ural paleogeography). *Franskii vek* (Frasnian). Moscow, Nauka, 1974, 218 pp.

13. Stou D. A. V. *Morskie glubokovodnye terrigennye otlozheniya* (Marine deep terrigenous deposits). In: *Obstanovki osadkonakopleniya i fatsii* (Sedimentation environments and facies). V.2, Moscow, Mir, 1990, pp. 141–194.

14. Fazliahmetov A. M., Zainullin R. I. *Geokhimicheskie kriterii otlichiya vulkanoklasticheskikh grauvalk nizhnego i srednego devona Zapadno-Magnitogorskoj zony Yuzhnogo Urala* (Geochemical criteria of differences of volcano-clastic greywackes from Lower and Middle Devonian Western-Magnitogors zone of South Urals). *Vestnik of Institute of geology, Komi SC UB RAS*, 2015, No.12, pp.31–35.

15. Frolov V. T. *Vulkanogenno-osadochnyye porody irendykskoi svity Yuzhnogo Urala i voprosy ih klassifikatsii i nomenklatury* (Volcanogenic-sedimentary rocks of irendykskaya suite of South Urals). In: *Klassifikatsiya i nomenklatura vulkanogenno-osadochnykh porod* (Classification and nomenclature of volcanogenic-sedimentary rocks). Proceedings. Tbilisi, TsK KP Gruzii, 1970, pp. 97–112.

16. Hovorova I. V. *Vulkanizm i osadkoobrazovanie* (Volcanism and sedimentation). In: *Litologiya v issledovaniyakh geologicheskogo instituta AN SSSR* (Lithology in researches of Geological Institute AS USSR). Moscow, Nauka, 1980, pp. 9–55.

17. Hovorova I. V. *Kremnenakoplenie v geosinklinalnykh oblastyakh proshlogo* (Silica accumulation in geosynclines areas of past). In: *Osadkoobrazovanie i poleznye iskopaemye vulkanicheskikh oblastei proshlogo* (Sedimentation and minerals of volcanic areas of past). V. 1. *Osadkonakoplenie* (Sedimentation). Moscow, Nauka, 1968, pp. 9–136.

18. Hovorova I. V., Ilinskaya M. N. *Verhnedevonskie grauvalkovyye otlozheniya Yuzhnogo Urala i mekhanizm ih formirovaniya* (Upper Devonian greywacke deposits of South Urals and formation mechanism). In: *Litologiya i poleznye iskopaemye* (Lithology and minerals). 1980, No. 4, pp. 55–67.

19. Shutov V. D. *Klassifikatsiya peschanikov* (Sandstones classification). In: *Litologiya i poleznye iskopaemye* (Lithology and minerals). 1967, No. 5, pp. 86–103.

ПРИЖИЗНЕННЫЕ ЗАХОРОНЕНИЯ МОРСКИХ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ В ВЕНЛОКСКИХ ШТОРМОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ НА ПОДНЯТИИ ЧЕРНОВА

Т. М. Безносова, В. Ю. Лукин, В. А. Матвеев

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; beznosova@geo.komisc.ru

Результаты изучения разреза Безымянный на поднятии Чернова позволяют предположить штормовой режим седиментации с преобладанием волновой турбулентности в венлоке и относительно высокие темпы осадконакопления. В разрезе выделены четыре интервала с прижизненными захоронениями донных сообществ и остатков минерализованной биоты, замещенных пиритом в строматолитах. Образование пирита связывают с аноксидными условиями, создававшимися сразу после гибели организмов. Полученные результаты расширяют возможность реконструкции эволюции древних экосистем в раннем силуре.

Ключевые слова: захоронение фауны, штормовые отложения, брахиоподы, табуляты, строматолиты.

IN-SITU BURIALS OF BENTHIC COMMUNITIES IN WENLOCK STORM SEDIMENTS OF THE CHERNOV SWELL

T. M. Beznosova, V. Yu. Lukin, V. A. Matveev

Institute of Geology, Komi SC UrB RAS, Syktyvkar, Russia

The represented data suggest storm mode of sedimentation with predominance of wave turbulence in the Wenlock. We found unique in-situ burials of benthic communities and remains of mineralized biota in stromatolites, replaced by pyrite, which formation had been caused by anoxic conditions after the organism death. The obtained results support reconstruction of evolution of the Early Silurian ecosystems.

Keywords: storm sediments, taphonomy, brachiopods, tabulate corals, stromatolites.

Введение

Анализ характера захоронений фаунистических сообществ в изученных Тимано-Уральских разрезах силура свидетельствует о значительном влиянии изменений седиментационных обстановок на развитие и территориальное распространение бентосных организмов в венлокском морском бассейне. Смена обстановок была связана с возможностью миграции или изолированностью бассейна, течениями, штормами, увеличением поступления терригенного материала, изменениями рельефа дна и глубины бассейна. По мере масштабности проявления абиотических факторов выделяются различные типы захоронений бентосных организмов в изученном разрезе Безымянный [2].

Захоронения органических остатков в прижизненном положении или вблизи места их обитания встречаются редко. Одной из возможных причин возникновения таких захоронений считаются штормы [7], во время которых происходило погребение части донного сообщества в прижизненном положении. Например, в этих захоронениях присутствуют скопления целых сочлененных раковин разных размеров и различных возрастных стадий, у которых сохраняются тонкая скульптура, шлейфы, тонкие иглы, элементы внутреннего строения. Другая часть раковин при этом может переотлагаться и смешиваться с фрагментами других сообществ — мелких остракод, гастропод.

Обсуждение результатов

Венлокский возраст толщи, слагающей разрез по ручью Безымянному, впервые был определен по многочисленным остаткам брахиопод и остракод, которые присутствуют почти от его основания до кровли [1]. Последующее изучение состава отложений этого разреза и характера захоронений органических остатков позволили сделать вывод о неста-

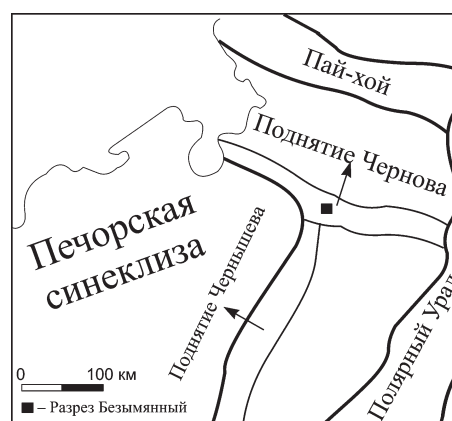


Рис. 1. Местонахождение разреза венлокских отложений по руч. Безымянному (широта 67°53'29.94"С, долгота 62°22'23.30"В)

Fig. 1. Location of Wenlockian outcrop near Bezymyanny Brook (latitude 67°53'29.94"N, longitude 62°22'23.30"E)

бильных условиях осадконакопления в венлокское время, что подтверждается периодическими остановками роста биостромов, интенсивным выпадением илового, био- и литокластового материала и его перетложений [3, 10, 13].

Разрез по ручью Безымянному мощностью 197 м (рис. 1, 2, Г) характеризуется таксономическим разнообразием ископаемой биоты, представленной брахиоподами, гастроподами, остракодами, пелициподами, члениками криноидей, реже ортоцератидами и трилобитами, а также конодонтами *Ozarkodina kozhimica* Melnikov, *Oz. waugoolaensis* (единичный уровень), *Oulodus rectangulus*, *Oul. kozhimicus*, *Nudibelodina sensitiva*, *Pterospadodus* sp. A, *Apsidognathus* sp. лландоверийско-венлокского возраста, которые определены в толще мощностью 125 м [3]. В отдельных прослоях были обнаружены фораминиферы [1] и кораллово-строматопоровая фауна, которая формировала два биострома в нижней и верхней части разреза (рис. 3, А).

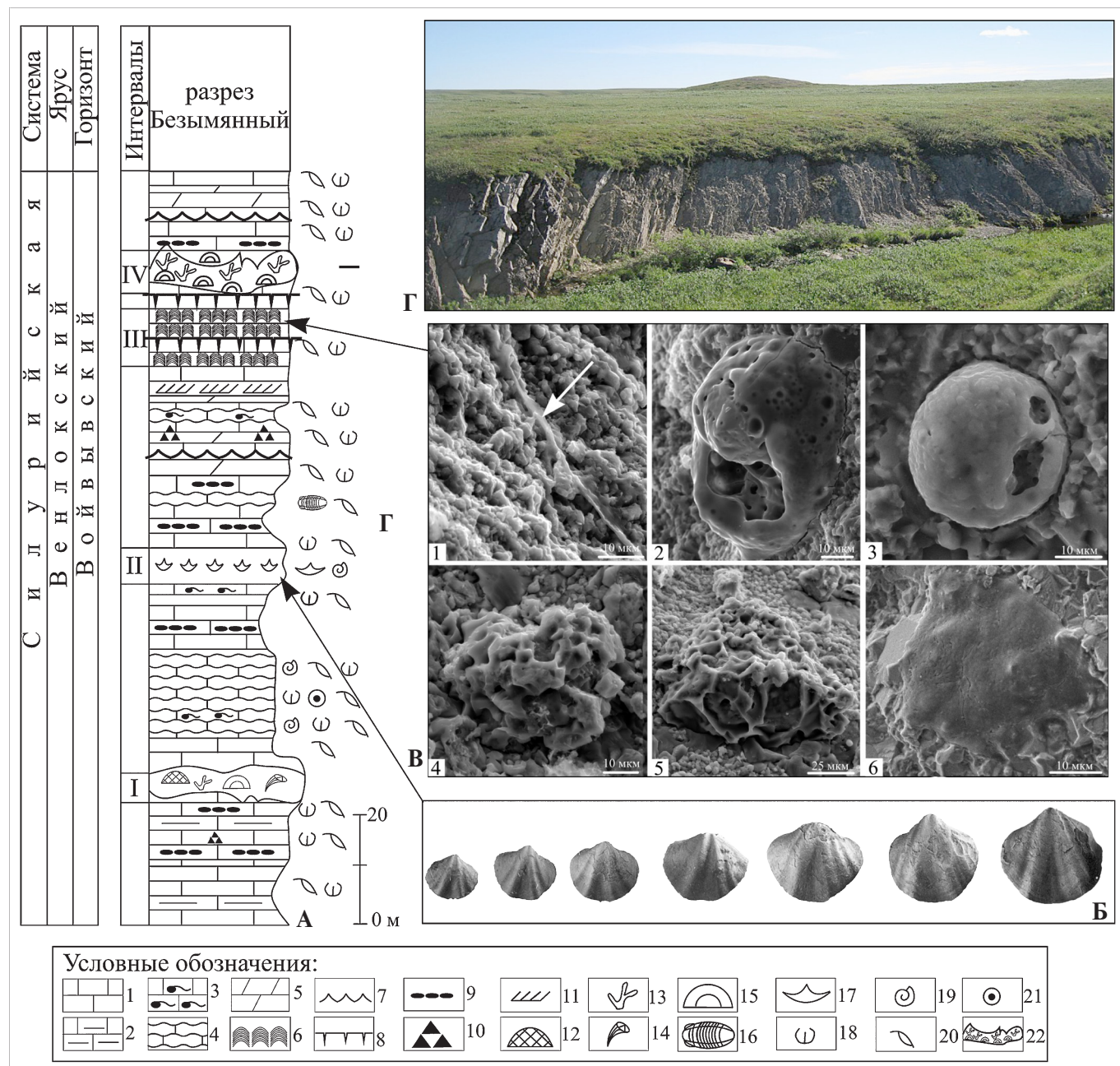


Рис. 2. Стратиграфическое распространение фаунистических остатков и захоронений in situ в разрезе Безымянный: А — схематичное строение разреза Безымянный; Б — брахиоподы *Spirinella nordensis* (Ljashenko) — возрастная ряд (раковины из линзы in situ). Образец 2/007, x1; В — остатки фоссилизированных микроорганизмов в венлокских строматолитах: фиг. 1 — минерализованный чехол трубчатого нитевидного образования; фиг. 2 — овальная форма; фиг. 3 — шаровидная форма со сглаженной мелкобугристой поверхностью; фиг. 4 — шаровидная форма с губчатой поверхностью; фиг. 5 — куполообразные фоссилии; фиг. 6 — фрагмент микробной биопленки; Г — Выходы пород войвовского горизонта. Условные обозначения: 1 — известняк, 2 — глинистый, 3 — биотурбированный, 4 — комковатый, 5 — мергели, 6 — строматолиты, 7 — знаки волновой ряби, 8 — трещины усыхания, 9 — плоскогалечники, 10 — конгломерат, 11 — косая слоистость, 12 — массивные табуляты, 13 — ветвистые табуляты, 14 — ругозы, 15 — строматопороидеи, 16 — трилобиты, 17 — брахиоподы, 18 — фрагменты брахиопод, 19 — гастроподы, 20 — остракоды, 21 — криноидеи, 22 — биостром

Fig. 2. Stratigraphic development of fauna remains and burials in situ in Bezmyanny section: А — Schematic structure of section Bezmyanny; Б — Brachiopods *Spirinella nordensis* (Ljashenko) — age series (shells from lens in situ). Sample 2/007, x1; В — remains of fossilized microorganisms in Wenlockian stromatolites: Fig. 1 — mineralized cover of tubular filamentary form; Fig. 2 — oval form; Fig. 3 — spherical form with smooth hummocky surface; Fig. 4 — spherical form with a spongy surface; Fig. 5 — dome-like fossils; Fig. 6 — fragment of a microbial biofilm; Г — outcrops of ovyvsky horizon in section Bezmyanny. Legend: 1 — limestone 2 — clay, 3 — bioturbated, 4 — lumpy, 5 — marls, 6 — stromatolites, 7 — signs of wave ripples, 8 — mud cracks, 9 — flat pebbles, 10 — conglomerate, 11 — cross-bedding, 12 — massive tabulates, 13 — branching tabulates, 14 — rugoses, 15 — stromatoporoids, 16 — trilobites, 17 — brachiopods, 18 — fragments of brachiopods, 19 — gastropods, 20 — ostracods, 21 — crinoids, 22 — biostrom



Отложения, слагающие разрез Безымянный, и захоронения органических остатков свидетельствуют об активной гидродинамической среде неглубокого морского бассейна. Это подтверждает характер слоистости, обилие окатанных галек и створок раковин брахиопод, обломков гастропод и трилобитов, переслаивание тонкоплитчатых известняков, известковых глин со следами илоедов, известняков иловых с тонким детритом и неотчетливой слойчатостью, мергелей и известняковых гравелито-песчаников,

биокластовых известняков с крупными гальками (рис. 2, Д, Ж, З), остракодово-иловых известняков, брахиоподовых и остракодово-водорослевых (микробиальных) известняков, ракушечников остракодовых (рис. 3, Г), плоскогалечниковых конгломератов, мощность прослоев которых изменяется от 3 см до нескольких десятков см, известняков с пелоидами, биокластовых известняков с текстурами взвешивания — турбулентности среды (рис. 3, И), известняков строматолитовых с уплотненными гальками,

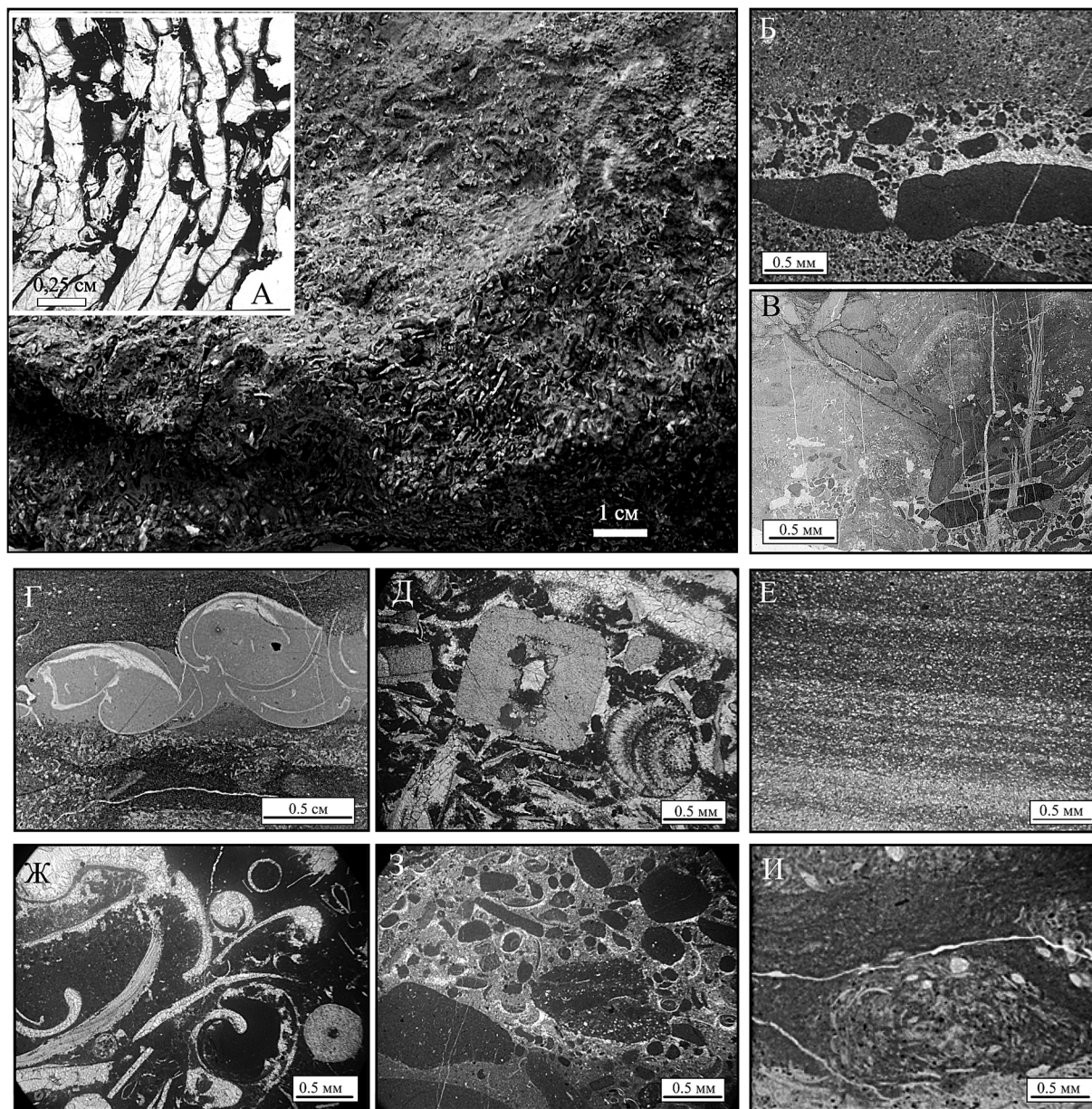


Рис. 3. Колония табулят и микроструктуры известняков в разрезе Безымянный: А — табуляты *Aulocystella aseptata* (Barskaja, 1967), продольное сечение, обр. 149; Б — пелоидный известняк с плоскими интрокластами; В — строматолитовый известняк с «линзами» плоскогалечников; Г — пелитоморфный известняк с личинками остракод; Д — известняк биокластовый с фрагментами криноидей, остракод и брахиопод; Е — известняки полосчатые с градиционной слоистостью; Ж — известняк биокластовый с крупными фрагментами криноидей, гастропод, остракод и брахиопод; З — известняк литобиокластовый; И — известняк детритовый, биоморфный с полуокатанными хаотичными штормовыми выносами

Fig. 3. Tabulate colony and limestone microstructures in Bezymyanny section: А — tabulates *Aulocystella aseptata* (Barskaja, 1967), longitudinal section, sample 149; Б — peloid limestone with flat introclasts; В — stromatolite limestone with pebble «lenses»; Г — pelitomorphic limestone with ostracod larvae; Д — bioclastic limestone with fragments of crinoids, ostracods and brachiopods; Е — banded limestone with graded bedding; Ж — bioclastic limestone with large fragments of crinoids, gastropods, ostracods and brachiopods; З — lithobioclastic limestones; И — detrital limestone, biomorphic with subrounded chaotic storm cone

имеющими признаки взмучивания осадка (рис. 3, В), известняков с «линзами» плоскогалечников (рис. 3, Б), известняков полосчатых с градиционной слоистостью (рис. 3, Е).

В этом разрезе исключение составляют четыре интервала, которые формировались в условиях нормализации морских условий в бассейне и благодаря которым можно наблюдать последовательную смену экологических доминантных сообществ от нижних слоев разреза до его кровли, а также изменения глубин обитания сообществ. Эти захоронения фиксируют периоды стабилизации условий осадконакопления, во время которых формировались сообщества кораллов, брахиопод, а также строматолитовые постройки в приливно-отливной зоне [3, 9, 11].

Первый интервал мощностью 0.5 м представлен кораллово-строматопоровым биостромом в нижней части разреза, в котором доминируют тонковестистые *Parastriatopora* и *Striatopora*, колонии табулят *Riphaeolites lamelliformis* Klaamann и мелкотрубчатые *Romingeria* sp., а также колонии строматопороидей и одиночные ругозы.

Второй интервал мощностью 4.4 м с захоронением брахиопод *Spirinella nordensis* (Ljashenko) выделен в средней части разреза. Изучавший разрез Безмянный в 1971 г. Н. И. Тимонин отметил в своем полевом дневнике этот интервал как «брахиоподовый горизонт». Брахиоподы монотаксонного сообщества *S. nordensis* отличаются хорошей сохранностью целых раковин различных стадий роста от ювенильных до зрелых (рис. 2, Б) с сочлененными створками, с сохранившимися элементами внутреннего строения, тонкими пластинами нарастания и иглами на поверхности раковин. Проведенные биохимические исследования раковин брахиопод *S. nordensis* из этого захоронения зафиксировали отчетливо выраженный в них максимум содержания аминокислот, достигающий более 100 мкг/г [4]. Хорошая сохранность раковин позволила исследовать их морфологические особенности, которые свидетельствуют о возможности адаптации этих брахиопод к различным условиям существования. Раковины *S. nordensis* относятся к экологическому якорному типу и батиметрически — к третьему бентосному комплексу А. Буко [5]. Загнутая макушка наряду с ножкой и развитой ареей способствовали фиксации раковины в нужном положении на твердом субстрате, а тонкие иглы и складки на поверхности раковины помогали удерживаться ей на мягком субстрате. Брахиоподы *S. nordensis* в разрезе Безмянным являются доминирующими остатками бентосной фауны по численности раковин и распространены в разрезе с первого слоя до его кровли. Но в отличие от описанного захоронения во втором интервале, в прослоях известняков с линзами плоскогалечного конгломерата, известняков биокластовых и с текстурами взвихривания (среды турбулентности) (рис. 3, И) они представлены преимущественно отдельными створками раковин, а также ракушечниками в виде лома раковин совместно с остракодами, гастроподами, пелециподами, члениками криноидей и трилобитами (рис. 3, Ж).

Третий интервал мощностью 22.4 м, заключающий строматолитовые постройки, сложен чередованием маломощных прослоев известняков тонко-

слоистых, плитчатых, с остатками раковин остракод, брахиопод, гастропод и известняков со строма-толитами. В этом интервале впервые на территории Европейского Северо-Востока были обнаружены остатки строма-толитовобразующей биоты (рис. 2, В). Микрозондовый анализ показал, что эти остатки замещены пиритом [11]. Уникальная сохранность обнаруженных остатков биоты, обусловлена, вероятно, мгновенным захоронением части строма-толитовых построек. Свидетельством такой сохранности также служит установленный элементный состав шаровидных фосфоритов, замещенных пиритом (рис. 2, В, фиг. 3). Образование пирита связано с аноксидными условиями, которые создавались сразу после гибели организмов. Известно, что в пирите могут быть за-консервированы химические соединения, аминокислоты и некоторые другие органические молекулы [8]. Экспериментальное изучение образования пирита путем замещения организмов была осуществлена группой исследователей во главе с С. Дэрроу [18].

Четвертый интервал представляет собой биостром в верхней части разреза, в основании которого залегает прослой (0.35 м) с колониями строма-топороидей. Выше биостром мощностью 0.9 м сложен колониями трубчатых табулят *Aulocystella aseptata* (Barskaja) (рис. 3, А) и массивными *Riphaeolites lamelliformis* Klaamann. Биостром перекрывают известняки тонкоплитчатые с трещинами усыхания осадка (2.5 м) и знаками волновой ряби, в кровле которых залегают известняки со строма-топороидеями.

Заключение

В разрезе Безмянным установлены интервалы с уникальными захоронениями сообществ донных организмов обитавших «in situ», которые фиксируют батиметрические изменения условий осадконакопления и важны для стратиграфических выводов и корреляции изученных отложений по ручью Безмянному с разрезами западного склона Приполярного Урала, поднятия Чернышева, островов Долгий, Сев. Земля, Сааремаа, Готланд, а также Таймыра, Южного Верхоянья, Зеравшано-Гиссарской области, Сибирской платформы [6, 16].

Известно, что ранний венлок в разрезах Эстонии, Сибирской платформы, на островах Таймыр, Северная Земля, Долгий, на Аляске знаменует-ся расцветом коралловой фауны [12, 14, 17, 19]. Но на территории западного склона Урала, поднятия Чернова и Чернышева коралловая фауна представлена только поздневенлокскими ассоциациями табулят *Riphaeolites*, *Parastriatopora* и *Aulocystella* [3, 9]. Этот факт может служить палеонтологическим подтверждением установленного нами ранее перерыва в осадконакоплении на рубеже ландовери и венлока в разрезе западного склона Приполярного Урала и отсутствия нижней части венлока в североуральских разрезах [2].

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований РАН, проект № 15-18-5-37 «Тимано-Североуральский палеобассейн в палеозое. Закономерности динамики биотических комплексов, палеобиогеография и палеоклиматология».



Литература

1. Антошкина А. И., Безносова Т. М. Новые данные по стратиграфии венлокских отложений Большеземельской тундры // Бюл. Моск. об-ва испытателей природы. Отд. геол. 1988. Вып. 6. Т. 63. С. 32—39.
2. Безносова Т. М. Сообщества брахиопод и биостратиграфия верхнего ордовика и нижнего девона северо-восточной окраины палеоконтинента Балтия. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 218 с.
3. Безносова Т. М., Мянник П., Майдль Т. В., Лукин В. Ю., Матвеев В. А. Условия осадконакопления и биота на рубеже лландовери и венлока (поднятие Чернова) // Вестник Института геологии Коми научного центра УрО РАН. 2014. № 3. С. 14—18.
4. Безносова Т. М., Шанина С. Н. Биохимические индикаторы геобиологических событий в раннем палеозое на Европейском Северо-Востоке // ДАН. 2010. Т. 434. № 1. С. 76—78.
5. Буко А. Эволюция и темпы вымирания. М.: Мир, 1979. 378 с.
6. Волкова К. Н., Латыпова Ю. Я., Хайзникова К. Б. Ордовик и силур Южного Верхоянья (биостратиграфия и палеонтология). М.: Наука, 1978. 220 с.
7. Красилов В. А., Зубаков В. А., Шульдинер В. И., Ремизовский В. И. Экостратиграфия: Теория и методы. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. 148 с.
8. Кизильштейн Л. Я. Как возникают окаменелости // Химия и жизнь. 2003. № 3. С. 30—35.
9. Лукин В. Ю. Систематическое положение вида *Syringoporus aseptata* Barskaja, 1967 из силурийских отложений поднятия Чернова (Большеземельская тундра) // Сыктывкарский палеонтологический сборник № 7. Сыктывкар, 2014. С. 25—30. (Тр. Ин-та геологии Коми научного центра УрО РАН. Вып. 129).
10. Майдль Т. В. Плоскогалечные конгломераты — штормовые отложения нижнего палеозоя Печорского седиментационного бассейна // Вестник Института геологии Коми научного центра УрО РАН. 2013. № 4. С. 2—6.
11. Матвеев В. А. Строматолитовые постройки венлока поднятия Чернова: основные морфотипы, микроструктура // Там же. 2011. № 11. С. 2—5.
12. Мягкова Е. И., Нестор Х. Э., Эйнасто Р. Э. Разрез ордовика и силура реки Мойеро (Сибирская платформа). Новосибирск: Наука, 1977. 176 с.
13. Сепкоски-мл. Дж. Дж. Плоскогалечные конгломераты, штормовые отложения и кембрийская донная фауна // Циклическая и событийная седиментация. М.: Мир, 1985. С. 345—357.
14. Силур Эстонии / Под ред. Д. Л. Кальо. Таллин: АН ЭССР «Валгус», 1970. 343 с.
15. Силурийские и нижнедевонские отложения острова Долгого: Сб. статей. Свердловск: УНЦ АН СССР, 198. 141 с.
16. Стратиграфия силура и девона архипелага Северная Земля / Ред. Р. Г. Матухин, В. Вл. Меннер. Новосибирск: СНИИГ и МС, 1999. 174 с.
17. Тесаков Ю. И., Предтеченский Н. Н., Бергер А. Я. и др. Опорный разрез Мойеро силура Сибирской платформы. Новосибирск: Наука, 1985. 174 с.
18. Darroch, S. A. F., Laflamme, M., Schiffbauer, J. D., Briggs, D. E. G. Experimental formation of a microbial death mask // *Palaio*. 2012. V. 27. P. 293—303.

19. Paleozoic Corals of Alaska (Geological Survey professional paper; 823 — B) // Oliver, W. A. Jr., Merriam, C. W. and Churkin, M., Jr. Ordovician, Silurian, and Devonian corals of Alaska. Washington: United States Government printing office, 1975. Pp. 13—44.

References

1. Antoshkina A. I., Beznosova T. M. *Novye dannye po stratigraphii venlokskikh otlozhenij Bol'shezemel'skoj tundry* (New stratigraphical data of Wenlock deposits of Bolshezemelskaya tundra). Bulletin Moskovskogo obshchestva ispytatelej prirody, otel geologii, 1988, 6, V. 63, pp. 32—39.
2. Beznosova T. M. *Soobschestva brahiopod i biostratigrafiya verhnego ordovika, silura i nizhnego devona severo-vostochnoi okrainy paleokontinenta Baltiya* (Brachiopod communities and biostratigraphy of Upper Ordovician, Silurian and Lower Devonian of North-Eastern margin of Baltia paleocontinent). Ekaterinburg, 2008, 218 p.
3. Beznosova T. M., Shanina S. N. *Biokhimicheskie indicatory geobiologicheskikh sobytij v rannem paleozoe na Evropejskom Severo-Vostoke* (Bichemical indicators of the Early Paleozoic geobiology events of Europe part of the North-Eastern). DAN, 2010, V. 434, pp. 76—78.
4. Beznosova T. M., Lukin V. Yu., Mdnnik P., Maidl T. V., Matveev V. A. *Stratigrafiya i usloviya formirovaniya nizhniesilurijskikh otlozhenij na podnyatii Chernova* (Stratigraphy and conditions of formation of Lower Silurian deposits of Chernyshev Ridge). *Geologiya i mineralnye resursy Evropejskogo severo-vostoka Rossii*: Proceedings. Syktyvkar, Geoprint, 2014, V. 2, pp. 224—228.
5. Buko A. *Evolutsiya i tempy vymiraniya* (Evolution and tempos of extinction). Moscow, Mir, 1979, 378 p.
6. Volkova K. N., Latypova Yu. A., Hajznikova K. B. *Ordovik i silur Yuzhnogo Verkhoyan'ya (biostratigrafiya i paleontologiya)* (Ordovician and Silurian of the Verkhoyan'ya (biostratigraphy and stratigraphy). Moscow, Nauka, 1978, 220 p.
7. Krasilov V. A., Zybakov V. A., Shuldiner V. I., Remizovskij V. I. *Ecostratigrafiya. Teoriya i metody*. (Ecostratigraphy. Theory and methods). Vladivostok, DVNTC AN SSSR, 1985, 148 p.
8. Kizilshtein L. Ya. *Kak voznikayut okamenelosti* (How are forming fossils?). Himiya i zhizn, 2003, No.3, pp. 30—35.
9. Lukin V. Yu. *Sistematicheskoe polozhenie vida Syringoporus aseptata Barskaja, 1967 iz silurijskikh otlozhenij podnyatiya Chernova (Bol'shezemel'skaya tundra)* (Systematic position of the species *Syringoporus aseptata* Barskaja, 1967 from Silurian deposits of Chernov Ridge (Bolshezemel'skaya tundra). Syktyvkar'skij paleontologicheskij sbornik RAN, 129.
10. Majdl T. V. *Ploskogalechnye konglomeraty — shtormovye otlozheniya nizhnego paleozoya Pecherskogo sedimentacionnogo bassejna* (Flatpebble conglomerate from Lower Paleozoic storm deposits of the Pechora sedimentation basin). Vestnik of Institute of geology of Komi SC UB RAS, 2013, No. 4, pp. 2—6.
11. Matveev V. A. *Stromatolitovye postrojki venloka podnyatiya Chernova: osnovnye morfolitypy, mikrostruktura* (Venlockian stromatolites from Chernov Ridge: main morphotyp and microstructure). Vestnik of Institute of geology of Komi SC UB RAS, 2011, No. 11, pp. 2—5.
12. Myagkova E. I., Nestor X. E., Ejnasto R. E. *Razrez ordovika i silura reki Mojero (Sibirskaia platphorma)* (Ordovician and Silurian outcrop of the Mojero river (Siberian plate). Novosibirsk, Nauka, 1977, 176 p.
13. Sepkoski-ml. J. J. *Ploskogalechnye konglomeraty, shtormovye otlozheniya i kembrijskaya donnaya phauna* (Flatpebble



conglomerate, storm deposits and Cambrian benthic fauna). *Ciklicheskaya i sobytijnaya sedimentatsiya*, Moscow, Mir, 1985, pp. 345—357.

14. *Silur Estonii* (Silurian of Estonia). Pod red. D. L. Kaljo. Tallin, AN SSSR “Valgus”, 1970, 343 pp.

15. *Silurijskie i nizhnedevonskie otlozheniya ostrova Dolgogo* (Silurian and Devonian deposits of Dolgij Island), Sverdlovsk, UNC AN SSSR, 141 p.

16. *Stratigraphiya silura i devona arhipelaga Severnaya Zemlya* (Silurian and Devonian stratigraphy of Severnaya Zemlya archipelago). Ed. R. G. Matukhin, V. Vl. Menner. Novosibirsk, SNIIGGiMS, 1999, 174 p.

17. Tesakov Yu. I., Predtechenskij N. N., Berger A. Ya. et al. *Opornyy razrez Mojero silura Sibirskoj platforny* (Silurian outcrop of the Mojero river (Siberian plate). Novosibirsk, Nauka, 1985, 174 p.

18. Darroch, S. A. F., Laflamme, M., Schiffbauer, J. D., Briggs, D. E. G. Experimental formation of a microbial death mask. *Palaios*. 2012. V. 27, pp. 293—303.

19. Paleozoic Corals of Alaska (Geological Survey professional paper; 823 - B) // Oliver, W. A. Jr., Merriam, C. W. and Churkin, M., Jr. Ordovician, Silurian, and Devonian corals of Alaska. Washington: United States Government printing office, 1975, pp. 13—44.



ТЕРМОМЕТРИЯ ЦИРКОНА ИЗ ГРАНИТОИДОВ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА

Ю. В. Денисова

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

yulden777@yandex.ru

В настоящее время накоплен значительный опыт применения циркона в качестве геотермометра. Это позволяет, применяя различные методики, определить более точный температурный режим формирования той или иной породы. В данной работе представлены результаты изучения акцессорного циркона из гранитоидных массивов Приполярного Урала (Бадьяуского, Яротского, Кожимского и Николайшорского массивов). Определены температуры кристаллизации минерала с использованием термометрии насыщения и классического эволюционно-морфологического анализа. Проведено сравнение данных, полученных разными способами. Уточнены температуры формирования гранитов изученных массивов Приполярного Урала.

Ключевые слова: акцессорный циркон, гранитоид, Бадьяуский массив, Яротский массив, Кожимский массив, Николайшорский массив, Приполярный Урал, Пюпин, Ватсон.

TEMPERATURE SURVEY OF ZIRCON FROM THE GRANITOIDS OF THE SUBPOLAR URALS

Yu. V. Denisova

Institute of geology of Komi SC UB RAS, Syktyvkar

Now significant experience of use of zircon as geothermometer was accumulated. This allows applying different methodologies to determine a more accurate temperature mode of formation of the given rocks. The study results of accessory granitoids zircon of the Subpolar Urals (the Badjaju, Yarot, Kozhim and Nikolaihsor massifs) are presented in this paper. The temperatures of crystallization of the mineral using thermometry of zircon saturation and the classic evolutionary — morphological analysis were determined. The comparison of data, obtained in different ways, was carried out. The temperatures of formation of the studied massifs of the Subpolar Urals were specified.

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

Введение

Изучение геохимических и морфологических особенностей циркона, являющегося одним из наиболее важных минералов-индикаторов, позволяют получить различного рода информацию (возраст формирования породы и наложенных процессов, кислотность-щелочность среды минералообразования, источники сноса, расчленение и корреляция стратиграфических подразделений), а также использовать этот минерал в качестве геотермометра. На данный момент применяются различные методы термометрии циркона, охватывающие различные уровни организации вещества. Так, термометрия насыщения циркона [8, 9] базируется на исследовании химического состава породы, эволюционно-кристалломорфологический анализ — на изучении морфологических особенностей минерала [6, 7], в основе метода Ti-in-zircon лежит определение содержаний титана в кристалле.

Целью настоящей работы является определение температурного режима кристаллизации циркона из Бадьяуского, Яротского, Кожимского и Николайшорского массивов, что позволит уточнить температуры образования гранитов, полученные группой исследователей под руководством М. В. Фишмана.

Объекты изучения

На Приполярном Урале отмечается более тридцати массивов гранитоидов различного состава и морфологии, часть из них показана на рис. 1. На основе геологических и геохронологических данных они разделяются на три гранитоидных комплекса: раннепротерозойский николайшорский, предположительно среднеерифейский кожимский и вендский (или вендско-раннекембрийский) сальнеро-маньхамбовский [4].

В представленной работе в качестве объектов исследования были выбраны четыре массива, представляющие все три перечисленных выше комплекса. Самым древним из них является Николайшорский массив, относящийся к николайшорскому комплексу. В свою очередь, Кожимский массив относится к кожимскому, а Бадьяуский и Яротский массивы — к сальнеро-маньхамбовскому комплексам.

Бадьяуский массив расположен в долинах рек Малая и Большая Бадьяю. Это согласное пластообразное тело, сложенное светло-серыми массивными среднезернистыми лейкогранитами. Для гранитов Бадьяуского массива характерно повсеместное проявление катаклаза. Считается, что этот массив является непосредственным продолжением расположенного севернее Лемвинского гранитного массива.

Яротский массив также представляет собой узкое пластинообразное тело, которое пересекает долину реки Малая Ярота и приурочено к тому же протяженному дизъюнктиву, в зоне которого расположены Бадьяуский и Лемвинский массивы. Если в случае Бадьяуского массива умеренно катаклазированные граниты, практически сохранившие свой минеральный состав, слагают не менее половины объема тела, то в яротских эти породы занимают не более 15 % и представляют собой светло-серые массивные среднезернистые лейкократовые разности. Вмещающими породами для Бадьяуского и Яротского массивов являются верхнерифейские отложения мороинской свиты.

На левом и правом берегах Кожима в бассейнах рек Осео и Понью находится **Кожимский массив**. Это группа вытянутых изолированных тел, состоящих из плотных слегка гнейсовидных среднезернистых лейкократовых гранитов розоватого цвета. Граниты этого массива всегда катаклазированы и рассланцованы.



Рис. 1. Схема геологического строения северной части Приполярного Урала по А. М. Пыстину (Пыстин, 2008): 1 — няртинский гнейсовый комплекс (PR_1): биотитовые и двуслюдяные гнейсы с простоями амфиболитов; 2 — шокуринская свита (RF_1): известковистые кристаллические сланцы, мраморы, кварциты, амфиболовые сланцы; 3 — пуйвинская свита (RF_2): слюдянокварцевые сланцы, зеленые ортосланцы, метапорфиры, кварциты; 4 — хобеинская (RF_3), мороинская (RF_3) и саблегорская ($RF_3 - V$) свиты нерасчлененные: слюдянокварцевые сланцы, порфиры, порфириды, прослои мраморов и кварцитов; 5 — нижнепалеозойские терригенно-карбонатные отложения; 6 — гранитоиды Николайшорского массива (PR_1); 7 — граниты кожимского (RF_2) и сальнеро-манхамбовского комплексов ($V - E_1$) нерасчлененные; 8 — гранодиориты сальнеро-манхамбовского комплекса ($V - E_1$); 9 — массивы габбро ($RF_3 - V$); 10 — геологические границы: а — стратиграфические и магматические, б — тектонические; 11 — элементы залегания плоскостных структур; 12 — точки отбора проб.

Массивы (цифры в кружочках): 1 — Николайшорский; 2 — Кожимский; 3 — Кузпуауский; 4 — Хаталамба-Лапчинский; 5 — Народинский; 6 — Лапчавожский; 7 — Малдыньский; 8 — Яротский; 9 — Бадьяуский

Fig. 1. Structure map of the northern part of Subpolar Urals according to A. M. Pystin (Pystin, 2008). 1 — nyartinsky gneiss complex (PR_1): biotite and two-mica gneisses with amphibolites layers; 2 — schokurinskaya suite (RF_1): calcareous shales, marbles, quartzites, amphibole shales; 3 — puyvinskaya suite (RF_2): mica-quartz shales, green orthoshales, meta porphyry, quartzites; 4 — hobeinskaya (RF_3), moroinskaya (RF_3) and sablegorskaya ($RF_3 - V$) poorly defined suites: mica-quartz shales, porphyry, porphyrites, marble and quartzite layers; 5 — Lower Paleozoic terrigenous carbonate deposits; 6 — granitoid gneisses of Nikolayshorsky massif (PR_1); 7 — granites of kozhimsky (RF_2) and salnero-manhambovsky complexes ($V - E_1$) poorly defined; 8 — granodiorites of salnero-manhambovsky complex ($V - E_1$); 9 — massifs of gabbro ($RF_3 - V$); 10 — geological boundaries: a — stratigraphic and magmatic, b — tectonic; 11 — elements of occurrence of planar structures. 12 — sampling points.

Massifs (numbers in circles): 1 — Nikolayshorsky; 2 — Kozhimsky; 3 — Kuzpuayusky; 4 — Khatalamba- Lapchinsky; 5 — Narodinsky; 6 — Lapchavozhsky; 7 — Maldynyrsky; 8 — Yarotsky; 9 — Badyayusky



Кожимский массив располагается среди отложений пуйвинской свиты среднего рифея.

Николайшорский массив, приуроченный к Няртинскому блоку, образует вытянутое узкое согласное пластовое тело, в пределах которого отмечаются плагиограниты и нормальные калишпатовые граниты. Последние представляют собой серовато-зеленые мелкозернистые породы, иногда порфировидные. Эти граниты в основном имеют гнейсовидный облик и взаимные переходы к гнейсам и кристаллическим сланцам. Породы сильно катаклазированы. Николайшорский автохтонный массив пространственно ассоциирует с гнейсами няртинского метаморфического комплекса раннепротерозойского возраста. Изученные гранитные массивы, согласно классификации Б. Чаппела, относятся к А-типу, исключение составляет Николайшорский массив, сложенный S-гранитами [3].

Опробование гранитоидных массивов проводилось точечным методом с отбором 5 частных проб по каждому массиву. Для каждой пробы отбирались куски неизменной породы общим весом в среднем 10–15 кг, содержание циркона в которых для Бадьяюского и Яротского массивов составило в среднем 22–28 г/т. Для гранитов Кожимского и Николайшорского массивов характерны более низкие содержания циркона (8–12 г/т).

Методы исследования

В работе использованы методы оценки температур образования гранитов на основе степени насыщения циркония в породе (термометрия насыщения Е. Ватсона) и морфологических особенностей циркона (классический эволюционно-морфологический анализ Ж. Пюпина и Г. Тюрко).

На основе исследований циркона, проведенных с использованием термометрии насыщения (определяющей температуры кристаллизации по распределению содержания циркония между собственно цирконом и цирконсодержащей породой), Е. Ватсон определил, что уровень насыщения циркония в породе, необходимый для образования минерала, находится в сильной зависимости от молярной пропорции ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$) в расплаве и в слабой — от температуры и содержаний SiO_2 и $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$. Используя данные, полученные в ходе различных экспериментов, Е. Ватсон совместно с Т. Хариссоном пришли к выводу, что степень насыщения циркония в породе можно представить в виде функции от температуры и состава расплава:

$$\ln D_{\text{Zr}}^{\text{zircon/melt}} = (-3.80 - [0.85 \times (M - 1)]) + 12900/T,$$

где $D_{\text{Zr}}^{\text{zircon/melt}}$ — соотношение концентрации Zr в цирконе и расплаве, M — соотношение катионов $(\text{Na} + \text{K} + 2\text{Ca})/(\text{Al} \times \text{Si})$, T — температура в кельвинах.

Согласно морфологическим исследованиям циркона, проведенным Ж. Пюпином и Г. Тюрко, наличие и развитие призм (100) и (110) у кристалла циркона зависит от изменения температуры кристаллизации минерала, а появление и преобладание дипирамид (311), (111) и (331) связано с особенностями химизма среды минералообразования. Выявленная взаимосвязь по-

зволила исследователям составить диаграмму основных типологических форм циркона, иллюстрирующую двумерную зависимость кристалломорфологии циркона от температуры и щелочности.

Результаты исследования

На основе термометрии насыщения для циркона Е. Ватсона и классического эволюционно-морфологического анализа Ж. Пюпина и Г. Тюрко автором были рассчитаны температуры формирования гранитов Приполярного Урала.

С использованием данных по химическому составу гранитов Приполярного Урала (табл. 1) и программы GCDkit 2.3 [10] нами были получены температуры насыщения для циркона (табл. 2).

Таким образом, применение термометрии насыщения Ватсона для циркона позволяет сделать вывод, что формирование гранитов Бадьяюского (773–912 °С) и Яротского (806–926 °С) массивов происходило в среднем при температуре 841 °С. Температура Кожимского массива немного ниже, находится в диапазоне 749–816 °С и в среднем составляет 780 °С. Самой низкотемпературной породой является гранит Николайшорского массива (от 606 до 648 °С при средней температуре 626 °С).

Также для сравнения были определены температуры образования гранитов Приполярного Урала с помощью эволюционно-морфологического анализа. Изучение монофракций акцессорного циркона показало, что для исследованных гранитов Приполярного Урала характерны преимущественно высокотемпературные типы цирконов по Пюпину и Тюрко (рис. 2, 3).

Согласно проведенному исследованию, цирконы Бадьяюского и Яротского массивов по своей морфологии соответствуют таким типам, как D, P₃, P₄, P₅, F (рис. 3, А, Б). Это позволяет утверждать, что кристаллы Бадьяюского и Яротского массивов образовались при высокой температуре кристаллизации, находящейся в диапазоне от 750 до 900 °С. Среди цирконов Кожимского массива отмечаются дополнительно типы J₅ и P₃ (рис. 3, В), что говорит о формировании породы при температуре 700–900 °С. Наибольшее разнообразие морфотипов циркона наблюдается в гранитах Николайшорского массива (рис. 3, Г). Кроме морфотипов D, J₅, P₃, P₄, P₅ в монофракции циркона отмечаются типы R₁, R₂. Это указывает на кристаллизацию минерала при достаточно широком температурном диапазоне, включающем два температурных режима (650–700 и 800–900 °С), при повышенной щелочности минералообразующей среды [1]. Расплавы, затвердевающие в виде S-гранитов, обогащены водой и имеют относительно низкую начальную температуру, но наличие высокотемпературных синпетрогенных цирконов показывает, что в процессе формирования Николайшорского массива температура расплава могла достигать и 800–900 °С, что происходило, вероятно, в процессе повторного гранитогенеза.

При сравнении данных, полученных с использованием термометрии насыщения и классического эволюционно-морфологического анализа (табл. 3), видим, что для Бадьяюского, Яротского и Кожимского



Таблица 1

Химический состав гранитов Приполярного Урала

Table 1

Chemical composition of Subpolar Urals granites

Массив / Massif	Николайшорский / Nikolayshorsky					Кожимский / Kozhinsky				
Компонент, мас. % Component, wt. %	Н-1	Н-2	Н-4	Н-5	Н-7	К-1	К-3	К-5	К-6	К-9
SiO ₂	74.20	75.50	76.11	76.14	75.76	77.78	75.95	76.49	78.12	77.48
TiO ₂	0.13	0.16	0.05	0.10	0.10	0.16	0.48	0.48	0.11	0.31
Al ₂ O ₃	13.53	13.72	13.67	12.57	13.14	11.88	12.69	10.05	11.34	11.09
FeO	1.65	1.21	0.48	0.42	0.75	1.72	1.15	0.56	0.50	0.61
Fe ₂ O ₃	0.61	0.72	1.01	0.89	0.97	0.84	0.52	0.92	1.21	0.89
MnO	0.03	0.01	0.02	0.04	0.02	0.02	0.00	0.02	0.01	0.03
MgO	0.05	0.30	0.35	0.18	0.42	0.16	0.17	0.38	0.39	0.19
CaO	2.01	1.55	0.46	1.22	0.59	0.31	0.22	0.59	0.28	0.37
Na ₂ O	4.28	3.84	3.11	3.28	3.33	3.65	4.22	3.08	3.15	3.01
K ₂ O	2.53	3.53	4.89	4.31	5.14	3.88	4.09	4.15	5.17	4.65
P ₂ O ₅	0.04	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03
ппп	0.74	0.32	0.23	1.08	0.62	0.05	0.59	0.75	0.62	1.02
Σ	99.80	100.87	100.39	100.25	100.86	100.46	100.10	97.50	100.92	99.68
Zr, г/т	26.37	19.87	11.65	15.69	14.59	60.62	98.26	75.26	102.23	88.15
Массив / Massif	Бадьяюский / Badyayusky					Яротский / Yarotsky				
Компонент, мас. % Component, wt. %	Б-2	Б-3	Б-5	Б-6	Б-7	Я-2	Я-3	Я-5	Я-6	Я-8
SiO ₂	74.92	75.42	76.82	75.45	74.42	75.02	74.59	74.86	75.69	75.27
TiO ₂	0.35	0.33	0.22	0.11	0.18	0.37	0.16	0.29	0.18	0.21
Al ₂ O ₃	11.27	11.72	11.05	11.56	12.48	11.59	13.27	11.78	12.57	12.25
FeO	1.90	0.95	1.82	0.88	0.67	0.66	0.40	1.22	0.72	0.67
Fe ₂ O ₃	1.32	0.89	0.55	0.92	1.01	1.63	1.69	1.49	1.01	1.04
MnO	0.02	0.02	0.01	0.03	0.03	0.05	0.02	0.01	0.01	0.03
MgO	0.28	0.31	0.28	0.35	0.26	0.24	0.15	0.33	0.25	0.19
CaO	1.04	1.02	0.59	0.58	1.02	0.89	0.61	0.59	0.56	0.55
Na ₂ O	2.54	3.37	2.96	2.89	3.33	3.02	3.33	3.17	3.27	3.61
K ₂ O	5.26	4.57	4.12	4.91	5.02	4.65	4.52	4.91	4.62	4.52
P ₂ O ₅	0.03	0.03	0.05	0.00	0.01	0.06	0.01	0.01	0.00	0.01
ппп	0.82	0.82	1.20	0.81	1.21	1.22	1.29	0.43	0.80	1.54
Σ	99.76	99.45	99.67	98.49	99.64	99.4	100.04	99.09	99.68	99.89
Zr, г/т	134.41	143.90	325.9	552.6	412.6	194.6	180.41	620.4	335.30	212.9

Примечание. Химический состав получен с помощью силикатного метода в ЦКП «Наука» Институте геологии Коми НЦ УрО РАН (Сыктывкар, аналитик О. В. Кокшарова). Содержание циркония получены с помощью ICP-MS-метода в Институте геологии и геохимии (Екатеринбург, аналитик Ю. Л. Ронкин).

Note. Chemical composition was determined by silicate method in CCU Nauka of Institute of geology Komi SC UB RAS (Syktvykar, analyst Koksharova O. V.). Zircon content was determined by ICP-MS in Institute of geology and geochemistry (Ekaterinburg, analyst Yu. L. Ronkin)

Таблица 2

Термометрия насыщения для циркона, °С

Table 2

Saturation temperature for zircon, °C

№ Анализа Analysis No.	Массив / Massif			
	Бадьяюский Badyayusky	Яротский Yarotsky	Кожимский Kozhinsky	Николайшорский Nikolayshorsky
1	786	806	749	648
2	773	797	816	634
3	846	926	801	606
4	912	861	771	629
5	886	813	784	614



Таблица 3

Температура формирования гранитов Приполярного Урала, °C

Table 3

Subpolar Urals granite formation temperature, °C

Массив / Massif	Температура / Temperature	
	по Ватсону / according to Watson	по Пюпину / according to Pupin
Бадьяюский / Badyayusky	773—912	750—900
Яротский / Yarotsky	806—926	750—900
Кожимский / Kozhimsky	749—816	700—900
Николайшорский / Nikolayshorsky	606—648	650—700
		800—900

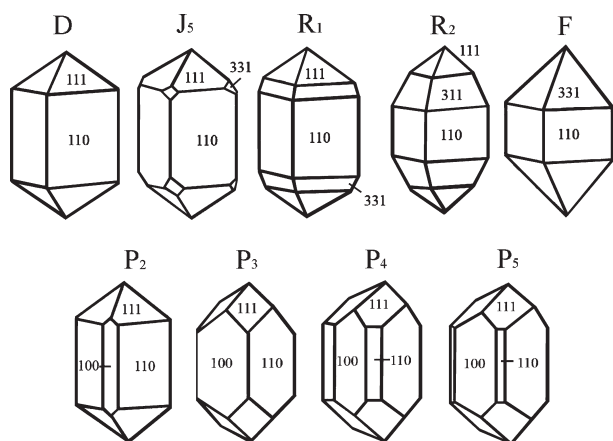


Рис. 2. Типы циркона Приполярного Урала по Ж. Пюпину и Г. Тюрко

Fig. 2. Types of zircon of Polar Urals according to J. Pupin and G. Turco

массивов получены одинаковые диапазоны температур, т. к., учитывая погрешность методики по Ватсону, составляющую 5 %, имеющиеся расхождения значений температур кристаллизации гранитов можно считать незначительными. Для Николайшорского массива отмечается различие в температурах, полученных разными методами. Согласно Пюпину и Тюрко, для гранитов этого массива отмечаются два температурных режима. Согласно Ватсону, породы Николайшорского массива представляют собой низкотемпературные образования.

Температурные режимы гранитообразования

Необходимо отметить, что с помощью анализа Ж. Пюпина и Г. Тюрко можно также получить информацию о температурных режимах для разных этапов гранитообразования. Для этого рассмотрим акцессорный циркон изученных пород Приполярного Урала для определения характерных морфологических типов минерала для каждого этапа формирования гранитов.

Цирконы Бадьяюского, Яротского, Кожимского и Николайшорского массивов представлены несколькими морфологическими типами.

Первый морфологический тип — светлоокрашенные (от бесцветного до светло-желтого) прозрач-

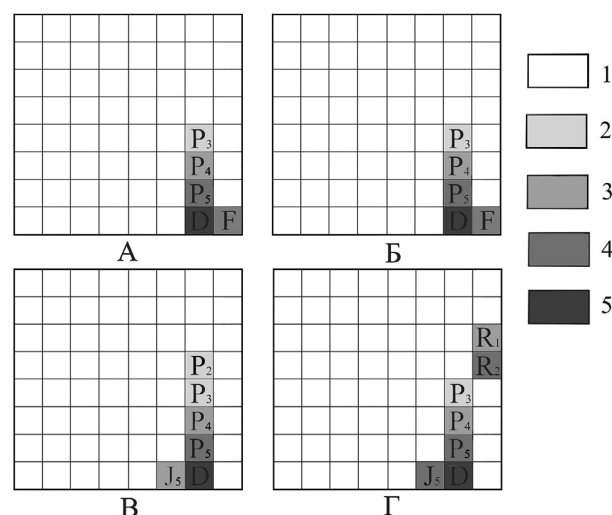


Рис. 3. Степень распространения типов цирконов Приполярного Урала (по Ж. Пюпину и Г. Тюрко): 1 — отсутствие, 2 — минимальное значение, 5 — максимальное значение. Массивы: А — Бадьяюский, Б — Яротский, В — Кожимский, Г — Николайшорский

Fig. 3. Distribution of zircons of Polar Urals (according to J. Pupin and G. Turco): 1 — absence, 2 — minimum value, 5 — maximum value. Massifs: А — Badyayusky, Б — Yarotsky, В — Kozhimsky, Г — Nikolayshorsky

ные короткопризматические цирконы. Габитус кристаллов обусловлен развитием призмы (110) и дипирамиды (111). Размер кристаллов 0.05—0.25 мм. Коэффициент удлинения 0.6—1.2. Поверхность граней гладкая, блестящая. Внутреннее строение зерен характеризуется наличием 2—3 зон. Содержание цирконов первого типа оставляет 60—70 % (85—95 % для Кожимского массива) от общего объема этого минерала в породе. Темно-коричневый короткопризматический прозрачный циркон выделен во **второй морфологический тип**. Развита грани (100), (110), присутствует дипирамида (111). Размер таких кристаллов 0.1—0.25 мм. Коэффициент удлинения 0.8—1.3. Внутреннее строение, как правило, малозональное. Поверхность кристаллов гладкая, блестящая. Содержание цирконов второго типа в среднем 10—20 (25) % (1—5 % для Кожимского массива) от общего объема минерала в породе. **Третий морфологический тип** составляют бесцветные прозрачные цирконы длиннопризматического габитуса. Среди цирконов Бадьяюского массива в незначительном количестве отмечаются темноокрашенные разно-

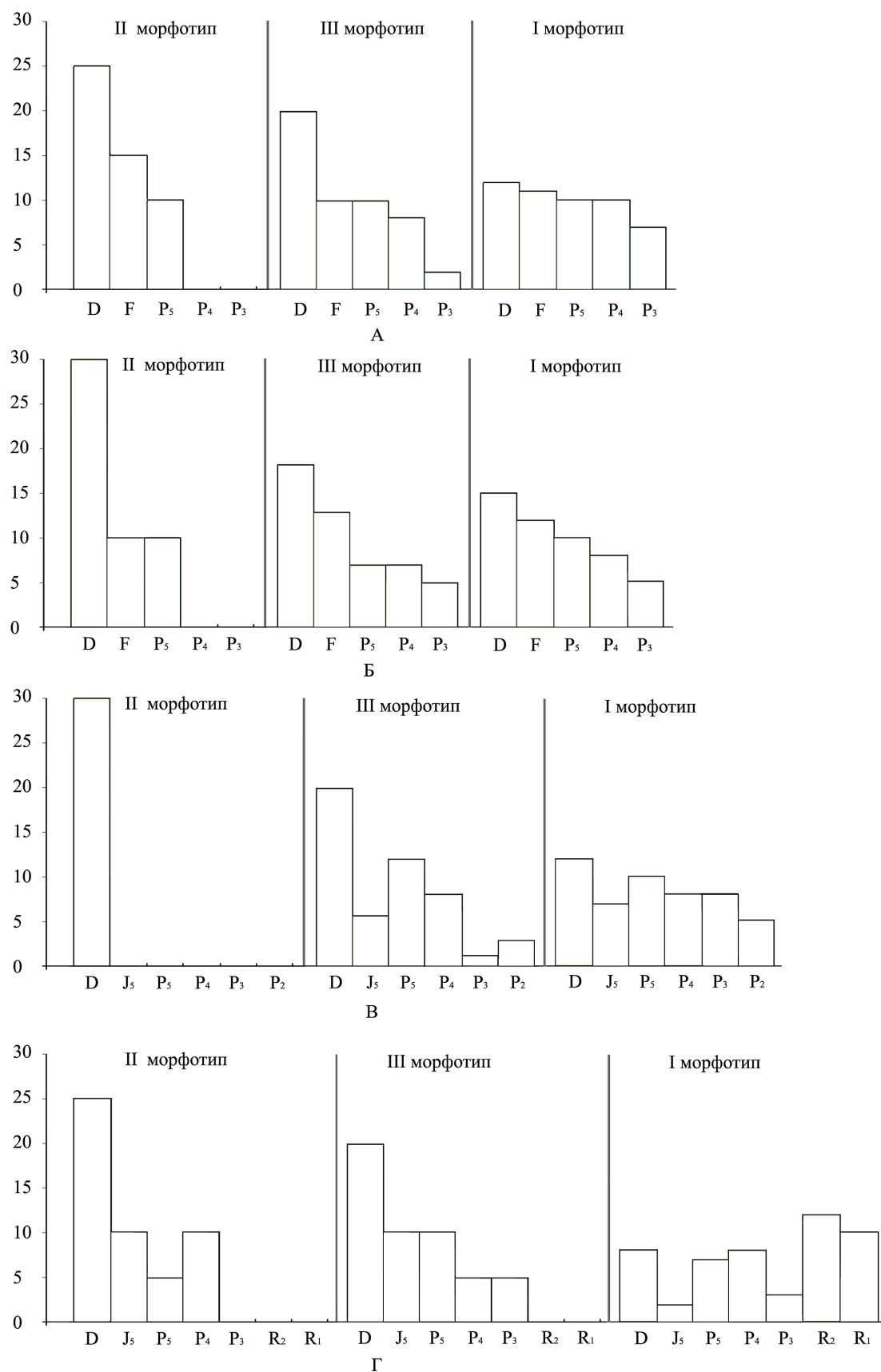


Рис. 4. Частота встречаемости типов цирконов по Ж. Пюпину и Г. Тюрко. Массивы: А — Бадьяуский, Б — Яротский, В — Кожимский, Г — Николайшорский

Fig. 4. Frequency of zircon occurrence according to J. Pupin and G. Turco. Massifs: А — Badyayusky, Б — Yarotsky, В — Kozhimsky, Г — Nikolayshorsky



Таблица 4

Средние температуры этапов формирования гранитов Приполярного Урала, °С

Table 4

Average temperatures of Subpolar Uralsgranite formation, °C

Массив / Massif	Морфотип циркона / Zircon morphotype		
	II	III	I
Бадьяуский / Badyayusky	890	868	849
Яротский / Yarotsky	890	864	859
Кожимский / Kozhimsky	900	857	830
Николайшорский / Nikolayshorsky	875	871	770

видности. Размер кристаллов 0.5–0.9 мм, коэффициент удлинения 1.5–4.0 (3.0–7.0 для цирконов Николайшорского массива). Габитус кристалла обусловлен развитием граней (100), (110). Внутреннее строение отдельных кристаллов малозональное. Содержание циркона данного морфологического типа 10–15 % (1–5 % для Кожимского массива) от общего состава минерала в породе.

Одним из основных элементов-примесей в цирконе является гафний, отличительной особенностью которого является постепенное накопление относительно циркония в процессе формирования породы. Для разделения рассматриваемых типов с помощью микрозондового анализа (выполнен в Институте геологии КНИЦ УрО РАН, на Vega3 Tescan, аналитик С. С. Шевчук) были получены данные по содержанию гафния в каймах кристаллов. Это позволяет на основе средних содержаний гафния предположить последовательность выделения каждого морфологического типа циркона для изученных массивов Приполярного Урала и тем самым определить характерный морфотип минерала для каждого этапа гранитогенеза [2]:

Бадьяуский массив: II (1.18 мас. %) → III (1.25 мас. %) → I тип (1.49 мас. %);

Яротский массив: II (1.16 мас. %) → III (1.25 мас. %) → I тип (1.29 мас. %);

Кожимский массив: II (1.19 мас. %) → III (1.31 мас. %) → I тип (1.37 мас. %);

Николайшорский массив: II (1.25 мас. %) → III (1.31 мас. %) → I тип (1.39 мас. %).

Таким образом, на раннем этапе формирования изученных гранитов происходило образование темно-коричневого циркона, второй этап характеризуется выделением из силикатного расплава длиннопризматического циркона, кристаллизация светлоокрашенного короткопризматического циркона осуществлялась на завершающей стадии гранитогенеза.

Для выявления особенностей температурных режимов различных этапов гранитогенеза изученных гранитов Приполярного Урала были определены типы циркона по Пюпину и Тюрко (рис. 4) и рассчитаны средние температуры (табл. 4) для каждого определенного выше морфологического типа минерала. Как мы видим, темно-коричневый короткопризматический циркон всех исследованных массивов позволяет говорить о быстром завершении раннего этапа формирования рассматриваемых массивов. Для всех массивов начальная стадия гранитогенеза была самой высокотемпературной. Причем, если для А-гранитов это может быть объяснено высокой температурой начального силикатного расплава,

то для S-гранитов, сформировавшихся из относительно низкотемпературных расплавов, наличие высокотемпературных синпетрогенных цирконов указывает, что уже в период ранней стадии граниты Николайшорского массива претерпевали дополнительное высокотемпературное воздействие. Кроме того, среди светлоокрашенных короткопризматических цирконов этого массива выделяется наибольшее количество типов цирконов по Пюпину и Тюрко (рис. 4, Г), что свидетельствует о значительной длительности заключительного этапа формирования Николайшорского массива.

Заключение

В результате проведенных исследований нами получены температуры формирования гранитов Приполярного Урала, относящихся к трем разновозрастным комплексам: николайшорскому (PR₂), кожимскому (RF₂) и сальнеро-маньхамбовскому (V — E₁). Основываясь на температурах, полученных по методу Е. Ватсона, как более точных, можно утверждать, что граниты Бадьяуского и Яротского массивов образовались при высоких температурах — от 773 до 912 °С и от 806 до 926 °С соответственно. Для гранитов Кожимского массива характерен другой температурный диапазон, а именно 749–816 °С. Самыми низкотемпературными породами являются граниты Николайшорского массива (606–648 °С).

Необходимо также отметить, что при определении температуры образования гранитов Николайшорского массива с использованием метода Е. Ватсона был получен только один температурный режим. В то же время применение анализа Ж. Пюпина и Г. Тюрко показывает, что история Николайшорского массива более сложная и включает в себя два температурных режима (650–700 °С и 800–900 °С). На основании этого можно сделать вывод, что эволюционно-кристалломорфологический анализ Ж. Пюпина и Г. Тюрко позволяет получить более полную информацию об изменениях температурного режима гранитогенеза.

Полученные результаты подтверждают ранние предположения, сделанные группой исследователей под руководством М. В. Фишмана [3], согласно которым граниты Кожимского массива являются более низкотемпературными, чем граниты Бадьяуского и Яротского массивов. При этом полученные автором термометрические данные показывают, что температуры формирования гранитов являются более высокими, чем предполагал М. В. Фишман и его коллеги, которые считали, что температура образования грани-

тов Кожимского массива не превышает 650 °С, а граниты Бадьяуского и Яротского массивов сформировались при 720 °С.

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

Литература

1. Денисова Ю. В. Типоморфические и типохимические особенности акцессорных цирконов гранитоидов Приполярного Урала // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2014. № 5. С. 9—16.
2. Денисова Ю. В. Петрогенетическое значение ZrO_2/HfO_2 -отношения в акцессорном цирконе гранитов Приполярного Урала // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2015. № 2. С. 23—31.
3. Махлаев Л. В. Гранитоиды севера Центрально-Уральского поднятия (Полярный и Приполярный Урал). Екатеринбург: УрО РАН, 1996. 150 с.
4. Пыстин А. М., Пыстина Ю. И. Метаморфизм и гранитообразование в протерозойско-раннепалеозойской истории формирования Приполярно-Уральского сегмента земной коры // Литосфера. 2008. № 11. С. 25—38.
5. Фишман М. В., Юшкин Н. П., Голдин Б. А., Калинин Е. П. Минералогия, типоморфизм и генезис акцессорных минералов изверженных пород севера Урала и Тимана. М.-Л.: Наука, 1968. 252 с.
6. Pupin J. P., Turco G. Le zircon accessoire en g  othermom  trie // C.R. Acad. Sci. Paris. 1972. V. 274. № 2. P. 212—214.
7. Pupin J. P. Zircon and granite petrology // Contrib. Miner. Petrol. 1980. Vol. 73. P. 207—220.
8. Watson E. B. Zircon saturation in felsic liquids: experimental result and applications to trace element geochemistry / Contr. Mineral. and Petrol. 1979. V. 70. P. 407—419.
9. Watson E. B., Harrison T. M. Zircon saturation revisited: temperature and composition effects in a variety of crustal magma types // Earth Planet Sci Lett. 1983. V. 64. P. 295—304.
10. The Comprehensive R Archive Network: <https://cran.r-project.org/>

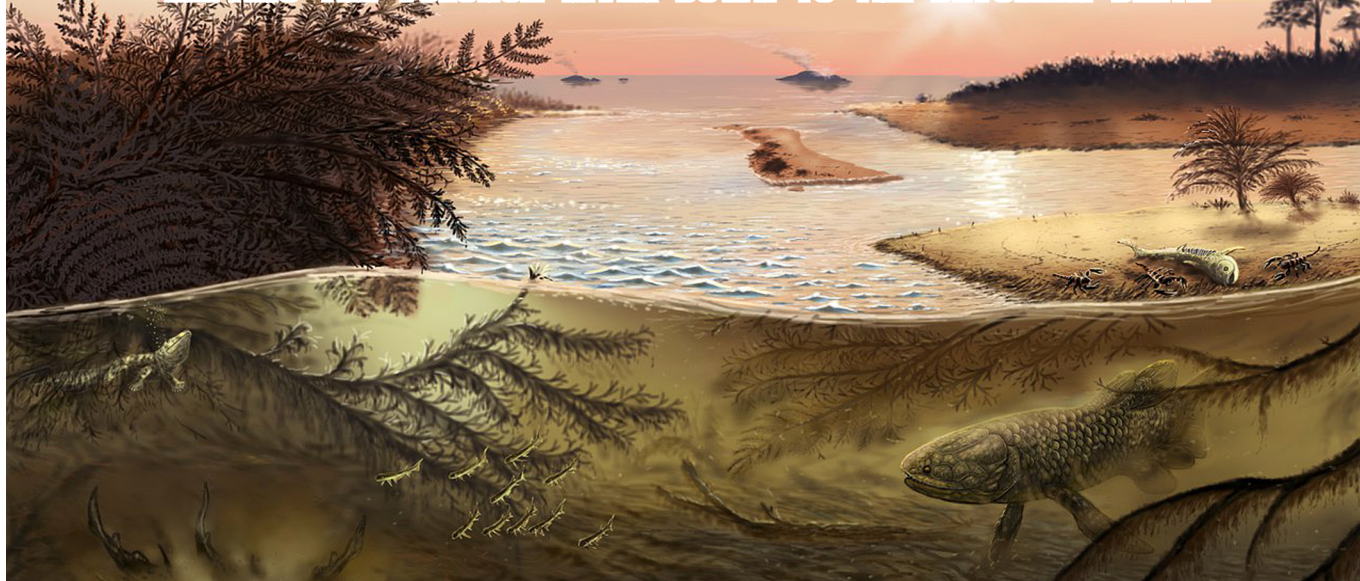
References

1. Denisova Yu. V. *Tipomorficheskie i tipohimicheskie osobennosti aktsessornykh tsirkonov granitoidov Pripolyarnogo Urala* (Typomorphic and typechemical features of accessory zircons from granitoids of Subpolar Urals). Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS, Syktyvkar, No. 5, 2014, pp. 9—16.
2. Denisova Yu. V. *Petrogeneticheskoe znachenie ZrO_2/HfO_2 otноsheniya v aktsessornom tsirkone granitov Pripolyarnogo Urala* (Petrogenetic meaning of ZrO_2/HfO_2 ratio in accessory zircon of granites of Subpolar Urals). Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS, Syktyvkar, No. 2, 2015, pp. 23—31.
3. Mahlaev L. V. *Granitoidy severa Tsentralno- Ural'skogo podnyatiya* (Polyarnyi i Pripolyarnyi Ural) (Granitoids of northern Central-Ural uplift (Polar and Subpolar Urals). Ekaterinburg, UB RAS, 1996, 150 pp.
4. Pystin A. M., Pystina Yu. I. *Metamorfizm i granitoobrazovanie v proterozoisko- rannepaleozoiskoi istorii formirovaniya Pripolyarnouralskogo segmenta zemnoi kory* (Metamorphism and granite formation in Proterozoic-Early Paleozoic history of formation of Subpolar Ural segment of Earth's crust). Litosfera, 2008, No. 11, pp. 25—38.
5. Fishman M. V., Yushkin N. P., Goldin B. A., Kalinin E. P. *Mineralogiya, tipomorfizm i genezis aktsessornykh mineralov izverzhennykh porod severa Urala i Timana* (Mineralogy, typomorphism and genesis of accessory minerals of igneous rocks of Northern Urals and Timan). Moscow-Leningrad, Nauka, 1968, 252 pp.
6. Pupin J. P., Turco G. Le zircon accessoire en g  othermom  trie. C.R. Acad. Sci. Paris. 1972. V. 274, No. 2, pp. 212—214.
7. Pupin J. P. Zircon and granite petrology. Contrib. Miner. Petrol. 1980, Vol. 73, pp. 207—220.
8. Watson E. B. Zircon saturation in felsic liquids: experimental result and applications to trace element geochemistry. Contr. Mineral. and Petrol. 1979, V. 70, pp. 407—419.
9. Watson E. B., Harrison T. M. Zircon saturation revisited: temperature and composition effects in a variety of crustal magma types. Earth Planet Sci Lett. 1983, V. 64, pp. 295—304.
- Internet source
10. <https://cran.r-project.org/>



Хроника, события, факты • Chronicle, events, facts

ВНИЗ ПО ВОЛОНГЕ — К ДЕЛЬТЕ ДЕВОНСКОЙ РЕКИ RAFTING THE VOLONGA RIVER DOWN TO THE DEVONIAN DELTA



The results of North Timan paleontological field trips provided by author (1993) and his colleague P.A. Beznosov, a paleontologist from the Institute of Geology (2008, 2011, 2013) are briefly described. The paper is principally focused on the stuff of joint expedition in 2016, when the presence of the late Devonian wide tidal delta was established. The biota and environments of the North Timan delta are discussed and compared with the North American Catskill delta of the same age.

Северный Тиман остается одним из регионов Европы, представляющих собой практически белое пятно на карте палеонтологических объектов. Так повелось, что основные исследования Северного Тимана пришлось на период с 1920—30-х по 1970—80-е годы [9, 10 и мн. др.]. Основными объектами исследования являлись девонские угли (в основном довоенный период) и картирование масштаба 1:200000 в 1950—1970-е годы [3]. Производственные задачи, стоявшие перед страной развивающегося, а затем и «развитого социализма», не подразумевали исследование ископаемых остатков растений и животных с биологической/палеонтологической стороны. Фоссилии использовались исключительно в стратиграфических целях, причем, как правило, приводились списки, далеко не всегда подкрепленные сданными в музей коллекциями. Кернаохранилища были уничтожены в годы безвременья (в 1990-е годы), многие производственные организации (например, 5-е геологическое управление, в котором работал известный геолог, автор листов двухсоттысячного масштаба Северотиманской серии листов Леонид Саулович Коссовой) расформированы.

Лишь изредка, когда специалистам-палеонтологам, производившим определение ископаемых остатков организмов для производственных организаций, попадались особенно интересные объекты, они публиковали в кратких сообщениях в отечественной периодике новые таксоны [4 и мн. др.] и бережно хранили уникальные образцы «до лучших времен». Однако вре-

мя шло, а руки потенциальных авторов не доходили до расширенной публикации материалов исследований.

Неутешительным итогом периода активного исследования региона производственными организациями стало утверждение, что девонские отложения Северного Тимана бедны как растительными фоссилиями, так и остатками позвоночных животных (см. подробнее [5]).

Однако наши исследования разных годов (С. М. Снигиревский, 1993 [6]; П. А. Безносков, 2011 и 2013 [1, 2, 11]) позволили опровергнуть сложившееся представление о палеонтологической бедности Северного Тимана. В последнем из опубликованных нами обзоров [12] мы приводим 55 видов ископаемых растений, принадлежавших 36 родам. Установлено, что ископаемые флоры позднего девона Северного Тимана являются одними из богатейших в мире. Им нет равных по видовому разнообразию и степени сохранности. В моей кандидатской диссертации одним из защищаемых положений было утверждение, что необходимо «рассматривать северотиманскую флору в качестве эталонной для франского яруса Земли» [6, с. 1].

Первая палеоботаническая экспедиция на Северный Тиман была организована мною в 1993 году. Безвременье в стране и полное прекращение геологических изысканий существенно усложнили возможность поездки на разрезы верхнего девона Крайнего Севера. Как аспиранту Санкт-Петербургского государственного университета, мне удалось изыскать в де-

В рукавах дельты девонской реки. Северный Тиман, начало фаменского века. Рисунок М. Шеханова (г. Ярославль), 2016 г., научный консультант П. Безносков.

In the arms of Devonian river delta. Northern Timan, Early Famennian. Picture by M. Shekhanov (Yaroslavl City), 2016, scientific adviser P. Beznosov.

канате геологического факультета небольшие средства для оплаты проезда поездом из Санкт-Петербурга до Архангельска и обратно. Деньги на остальные расходы поступили как одноразовый грант Фонда Дж. Сороса по проблеме «Биоразнообразии». Экспедиция состояла из двух человек — Николай Борисович Косых, в тот момент студент физического факультета СПбГУ, согласился разделить со мной нелегкие будни полевой жизни, не имея возможности заработать хотя бы копейку. Добравшись поездом до Архангельска, мы удачно нашли попутное каботажное судно, которое доставило нас до устья реки Пёши, впадающей в Чёшскую губу Баренцева моря. Далее мы двигались сначала на карбасе, а потом пешком с четырьмя 50-килограммовыми рюкзаками вдоль берега Чёшской губы на север, вплоть до р. Черной. Экспедиция продолжалась почти полтора месяца. За это время были обследованы на предмет палеоботанической характеристики преимущественно франские отложения Северного Тимана, вскрывающиеся по морскому берегу Восточного побережья Чёшской губы. Было установлено чрезвычайное разнообразие растительных остатков, что подтверждало данные, полученные предварительно при работе с коллекциями Л. С. Коссова (любезно переданными мне палеоботаником ВСЕГЕИ Н. М. Петросяна). Необходимость транспортировки образцов в рюкзаках существенно ограничивала возможности составления представительной коллекции, однако около 70 килограммов образцов были доставлены в Петербург и легли в основу моей кандидатской диссертации. Немалая часть образцов была оставлена в избах на побережье Чёшской губы в надежде еще раз вернуться в эти края и транспортировать материалы в университет.

Обратный путь был существенно осложнен тем, что за время нашей экспедиции прошла «павловская реформа», и купюры, хранившиеся нами бережно для оплаты обратного пути, оказались недействительными. Большую помощь оказали моряки — члены экипажа теплохода «Кондратий Булавин», на котором мы добирались от пос. Белушье в устье реки Пёши до Архангельска: они поменяли нам вышедшие из употребления сторублевки на денежные знаки нового образца. Устаревшие купюры они смогли впоследствии поменять через архангельских моряков, возвратившихся из заграничных плаваний, существенно позже установленных для всех граждан России сроков.

Обилие материала, отсутствие должного опыта и нехватка времени, к сожалению, не позволили провести в 1993 году детальные тафономические и палеоэкологические наблюдения. Основной упор был сделан на расширение таксономического разнообразия девонской флоры Северного Тимана, его стратиграфическую ценность и по большому счету на знакомство с богатейшими местонахождениями, ранее автору неизвестными. Дело в том, что на протяжении нескольких десятков километров практически непрерывных разрезов почти на всех уровнях и в каждом штуфе при раскалывании обнаружались уникальные по своей сохранности и представительности растительные остатки; вычленил основное, отобрать наиболее полноценные материалы — такой была основная задача полевых исследований 1993 года.

Как показало дальнейшее изучение коллекции, сохранность оказалась даже лучше, чем предполагалось:

практически у каждого ископаемого растения в спорангиях содержались инситные (находящиеся на своем естественном месте) споры. Это позволило изучить репродуктивные органы некоторых растений, что удается далеко не всегда [7, 8, 13].

Необходимость организации новой палеоботанической экспедиции на Северный Тиман не вызывала сомнений, однако долгое время по различным причинам она откладывалась, так и не осуществившись в течение 23 лет, с 1993 по 2016 годы.

В начале XXI века несколько палеоихтиологических экспедиций организовал на Северный Тиман научный сотрудник Института геологии Коми НЦ УрО РАН Павел Александрович Безносков (фото 1). Эти



Фото 1. Руководитель экспедиции 2016 года, незаменимый ПАБ (Павел Александрович Безносков, научный сотрудник ИГ Коми НЦ УрО РАН) на местонахождении девонских позвоночных (фото Д. А. Лютоева)

Photo 1. Head of expedition-2016, indispensable PAB (Pavel Aleksandrovich Beznosov, researcher at IG Komi SC UB RAS) at the location of Devonian vertebrates (Photo by D. Lutoev)

экспедиции проходили в бассейне реки Волонги, с востока впадающей в Чёшскую губу Баренцева моря. Сплаваясь дважды (2011 и 2013 гг.) на катамаране, Павел Александрович (далее — ПА) составил детальные описания разрезов фаменских отложений по всей Волонге и собрал весьма представительную коллекцию остатков ископаемых рыб и ихнофоссилий [1, 2, 11]. Замеченные им многочисленные местонахождения ископаемых растений ПА «взял на карандаш». Комплексная палеонтологическая характеристика фаменских отложений Северного Тимана была просто необходима для уяснения состава биоценозов древней приливной дельты девонской реки.

В 2015 году, в конце декабря, представилась возможность договориться о заброске вертолетом из Нарьян-Мара до верховьев реки Волонги, с тем чтобы далее сплавляться по этой реке к морю — к Чёшской губе. Наличие вертолетной оказии существенно удешевляло возможную экспедицию. Однако к концу года все сроки были пропущены — время подачи заявок на гранты уже прошло. Пришлось просить о финансировании проекта коллег и знакомых (через социальную сеть «ВКонтакте»). Здесь уместно будет искренне поблагодарить тех, кто помог осуществить новую комплексную палеонтологическую экспедицию на Северный Тиман. Это Ольга Александровна Орлова, доцент МГУ; Сергей Николаевич Бритвин, доцент



СПбГУ; Карина Субетто, геолог, ВСЕГЕИ; Михаил Бармалей, Санкт-Петербург; Тимофей Катиков, СПбГУ; Лилия Рафиковна Мухаметгалиева, Санкт-Петербург; Николай Борисович Косых, доцент физического факультета СПбГУ, участник первой палеоботанической экспедиции на Северный Тиман в 1993 году; Татьяна Бузкова, геолог, ВСЕГЕИ; Ольга Ивановна Новикова, доцент Новосибирского госуниверситета; Михаил Федосьевич С., Санкт-Петербург. Нельзя не отметить и Павла Александровича Безносова, без энергичности, высокого профессионализма и инициативы которого первая комплексная экспедиция на Северный Тиман не могла бы состояться.

Наша совместная экспедиция 2016 года (П. А. Безносов — руководитель экспедиции, палеоихтиолог; С. М. Снигиревский, палеоботаник; студенты А. А. Костин и Д. А. Лютоев) основной своей целью ставила детальное комплексное палеонтологическое обследование верхнедевонских отложений, обнажающихся по берегам реки Волонги. Основные ископаемые остатки, встречающиеся здесь, — это позвоночные (преимущественно рыбы), растения (как высшие, так и низшие) и ихнофоссилии. Для этого от места посадки вертолета (примерно в 1,5 км ниже по течению р. Волонги от впадения в нее р. Кумушки) до устья Волонги был организован сплав на катамаране с работой на каждом заслуживающем внимания обнажении. Общая длина маршрута составила приблизительно 60 километров, пройденные за один месяц — с 25 июля по 25 августа 2016 года.

Река Волонга оказалась практически несплавной. Нагруженный под завязку катамаран приходилось тащить в раскачку по мелким бурлящим перекатам, лишь изредка удавалось пройти несколько сотен метров по спокойной воде более глубоких участков реки, называемых на севере *вадегами*. В самом начале пути палеонтологической работы было немного, но уже спустя неделю мы достигли района развития дельтовых образований фаменского возраста, линзы в древних руслах и старицах которых были наполнены весьма представительными фитофоссилиями и костными остатками позвоночных. Мы оказались на берегах древней реки, блуждавшей по широкой песчаной равнине, поросшей по берегам древними деревьями и кустарниками (см. рисунок в титуле). В давно иссохших водотоках сохранились фрагменты скелетов панцирных, кистеперых, двоякодышащих рыб; попадавшие в воду ветви древних прайпапоротников (*Rhacophyton*) моментально обрастали водорослями рода *Caudophyton* (фото 2), точь-в-точь как тина на ветках ивняка в современной Волонге. Чем дальше мы погружались в мир девонской реки, тем яснее становилась природа изучаемых нами отложений: огромной ширины поток нес свои воды с девонской суши, располагавшейся, по всей видимости, на северо-западе (в современной ориентировке). Русло потока сильно меандрировало среди небольших зарослей первых лесообразующих растений Земли — археоптерисов; весьма обильны были кустарниковые формы *Rhacophyton*. Об этом свидетельствуют прекрасно развитые палеопочвы. В девонских старицах — *курьях*, *ты* и *вадах*, а также в *висках* (названия из коми языка) — обитали рыбы: хищники *Holoptychius* и их жертвы, неповоротливые *Bothriolepis*. Встречались



Фото 2. Оси прапапоротника *Rhacophyton* с выросшими на ней сапрофитными водорослями *Caudophyton* (фото П. Безносова)

Photo 2. Axes of fern-like plant *Rhacophyton* with grown saprophytic algae *Caudophyton* (Photo by P. Beznosov)



Фото 3. Фрагмент инфрагнатальной (нижнечелюстной) пластины пахиостеоринха (род, близкий к *Dunkleosteus*) (фото П. Безносова)

Photo 3. Fragment of infragnathal (mandibular) plate of the pachyosteorhynchid arthrodire (genus close to *Dunkleosteus*) (Photo by P. Beznosov)

и огромные «цари зверей» девонских водоемов — пахиостеоринхи (найденный здесь их представитель очень близок к роду *Dunkleosteus* — фото 3).

Однако время шло, мы продвигались к устью Волонги, гонимые течением, мокрецом и страстным желанием сравнить увиденные разрезы Волонги с теми породами, что обнажаются по побережью Чёшской губы к северу от деревни Волонга, стоящей в устье одноименной реки. Нам повезло: перед последним участком сплава уровень воды в реке повысился и позволил нам «проскочить» самые страшные участки, про которые хорошо известно, что они непроходимы. Из известняков карбона, хребтами пластов перегородивших русло поперек, торчали острые, как лезвия бритвы, кремни. Прибавьте сюда бурное течение на перекатах, тонну груза на надутих баллонах и необходимость в долю секунды принимать решение, которое должно быть единственно правильным. Иначе баллоны катамарана будут прорезаны, придется выгружать промокшее имущество экспедиции и срочно ставить лагерь для просушки и заклеивания нашего плавсредства. Так и случилось: кожух катамарана и проложенный для защиты в 70 (!) слоев полиэтилен были прорезаны в двух перпендикулярных направлениях, зато баллоны остались невредимы (фото 4). «На честном слове и на одном крыле» мы добрались до де-



Фото 4. Участники экспедиции (слева направо: А. А. Костин, С. М. Снигиревский, Д. А. Лютоев) у поврежденного баллона катамарана (в устье р. Волонги) (Фото П. Безносова)

Photo 4. Expedition members (from left to right: A. A. Kostin, author, D. A. Lyutoev) near damaged hull of catamaran (at the mouth of the Volonga River). (Photo by P. Beznosov)

ревни Волонга и через пару дней выдвинулись на север, с тем чтобы изучить разрезы девона в поперечном сечении (по Волонге мы видели сечение древней дельты, скорее продольное).

Сразу должен сказать, что мое впечатление от береговых разрезов девона по сравнению с 1993-м годом оказалось совершенно иным. Причиной этому — не только увеличившийся за 23 года опыт геологических исследований, но и изучение разрезов именно в комплексе с волонгскими. С первых минут работы на побережье у нас с ПА сразу возникло общее понимание (вслед за А. А. Черновым [9], впервые высказавшим предположение о дельтовом характере северотиманских разрезов верхнего девона), что не только фаменские, но и франские отложения Северного Тимана представляют собой такие же дельтовые осадки — с палеопочвами, следами древних врезов, старицами... Существенной литологической разницы разрезов не существует. Получается, что в течение практически всего позднего девона палеообстановки на территории нынешнего Северного Тимана оставались одними и теми же. И на фоне стабильной палеогеографической ситуации менялись картины жизни: как наземной, так и водной. Восстановить их — вот наша задача! Интересно проследить, как менялись растительные сообщества, формировавшие первые леса на нашей планете.

В мире известно не так много мест, где терригенные разрезы верхнего девона столь полноценны и информативны. Наверное, только Catskill delta в Северной Америке в какой-то степени может претендовать на сходную полноту разрезов. Правда, как показывают наши предварительные данные, таксономическое разнообразие уже известных ископаемых из северотиманских толщ существенно превышает североамериканские.

Сбор обильного палеонтологического материала, описание обнажений и выяснение палеообстановок на разрезах побережья были резко прерваны в ночь с 27 на 28 августа 2016 года: налетевший ураган застал нас врасплох, порвал наши палатки, разметал вещи по осенней тундре. Мокрые насквозь, с наспех собранными рюкзаками, подгоняемые сильнейшим нордом,

мы за несколько часов вернулись к деревне Волонге, так и не успев проработать разрезы по восточному побережью Чёшской губы...

Еще на мысе Крестовом (крайняя северная точка нашего путешествия в 2016 году) у нас с ПА возникло четкое понимание направления дальнейших исследований: разрезы побережья (от устья Волонги до устья Великой) на Северном Тимане и девонские отложения Канина полуострова. Ведь, скорее всего, именно со стороны Канина и Балтийского щита стекал водный поток девонского возраста, сформировавший отложения Северотиманской дельты, которая, мы очень верим, станет палеонтологической Меккой девонских палеонтологов — палеоихтиологов и палеоботаников.

Литература

1. Безносков П. А. Ихтиофауна из разреза покаямской свиты верхнего девона по р. Волонга (Северный Тиман) // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Материалы XX научной конференции. Сыктывкар, 2011. С. 19—22.
2. Безносков П. А., Чупров В. С., Лукшевич Э. В. Разрез покаямской свиты по реке Волонга (верхний девон, Северный Тиман) // Палеозой России: региональная стратиграфия, палеонтология, гео- и биособытия: Материалы III Всероссийского совещания. СПб., 2012. С. 40—41.
3. Коссовой Л. С. К стратиграфии девона Северного Тимана // Геология и нефтеносность Тимано-Печорской области. Л.: Гостоптехиздат, 1959. С. 121—133. (Тр. ВНИГРИ, вып. 133.)
4. Петросян Н. М., Коссовой Л. С. Некоторые материалы изучения девонской флоры Северного Тимана // Ежегодник ВПО. 1984. Т. XXVII. С. 42—54.
5. Снигиревский С. М. История палеоботанических исследований Северного Тимана // Вестник СПбГУ. Сер. 7. Геология, география. 1997. Вып. 2. № 14. С. 78—83.
6. Снигиревский С. М. Позднедевонская флора Северного Тимана: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. СПб., 1997. 16 с.
7. Снигиревский С. М., Чибрикова Е. В., Олли В. А. Ископаемые растения со спорами в спорангиях из верхнедевонских (франских) отложений Северного Тимана // Палеонт. журнал. 2007. № 4. С. 104—110.
8. Тельнова О. П., Мейер-Меликян Н. Р. Споры в репродуктивных органах девонских растений. СПб.: Наука, 2002. 78 с.
9. Чернов А. А. Геологические исследования Северного Тимана // Материалы к познанию геологического строения СССР. М.: МОИП, 1947. 96 с. (Нов. сер. Вып. 6(10)).
10. Чернышев Ф. Н. Орографический очерк Тимана // Тр. Геолкома. 1915. Т. XII. № 1. 137 с.
11. Beznosov P. A., Mantsurova V. N., Lukševičs E. Vertebrate and miospore assemblages from the Famennian of North Timan (Upper Devonian, Russia) // In: R. Rocha et al. (eds.) STRATI 2013. Springer Geology, 2014. Vol. XLV. Pp. 469—473.
12. Orlova O. A., Jurina A. L., Snigirevsky S. M. Late Devonian plant communities of North Russia // Rev. Palaeobot. Palynol., 2016, Vol. 224. Pp. 94—107.
13. Tschibrikova E. V., Snigirevsky S. M., Olly V. A. In situ spores of some Frasnian fossil plants from the Northern Timan (Russia) // Acta Palaeobotanica, Suppl. 2; Proc. 5th Europ. Palaeobot. Palynol. Conf.; 1999. Pp. 67—71.

К. г.-м. н. С. Снигиревский
(СПбГУ, Санкт-Петербург)



ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ДОСТОЯНИЕ РЕСПУБЛИКИ. ВСЕ О КВАРЦЕ

GEOLOGICAL HERITAGE OF REPUBLIC. ALL ABOUT QUARTZ

On the 10th of November, 2016, the National Museum of Komi Republic opened the exhibition «Geological heritage of Komi Republic. All about quartz» in the Natural department. This exhibition is joint project of the National Museum of Komi Republic and the Scientific Geological Museum named after A. A. Chernov of the Institute of Geology, Komi Science Centre UB RAS.

Opening addresses were made by the Deputy Director of the National Museum of Komi Republic Svetlana Vladimirovna Bandura, Minister of Industry, Natural Resources, Energy and Transport of Komi Republic Nikolay Nikolaevich Gerasimov, Director of the Institute of Geology, Komi SC UB RAS Academician Askhab Magomedovich Askhabov and others. Guests of the event got acquainted with the history of quartz discovery, with its diversity and application, learned the difference between quartz and rock crystal, what is common between quartz and silicon, saw one of the largest druse weighing 270 kg, as well as things and products made of quartz

Писаная история Севера коротка и материальными свидетельствами прошлого не богата. Но вот в 20—30 гг. XX столетия Коми край оказался вовлечен в бурное промышленное освоение, и в первую очередь это касается геологического изучения, открытия источников ценного минерального сырья — угля, нефти, газа, радия, битума. В этот ряд одним из первых нужно поставить пьезокварц Приполярного Урала — природный материал, который долгое время оставался незаменимым в технике, не только очень полезный и необходимый, но и очень красивый.

Кристаллы кварца — это природное минеральное сырье, обладающее уникальными физическими свойствами — пьезоэлектрическим и оптическим эффектами (высокой прозрачностью в широком спектральном диапазоне). В сочетании с высокой твердостью и тугоплавкостью кварц оказался весьма востребованным техническим сырьем. Пьезокварц, или пьезооптический кварц (именно такие названия получило это сырье) с начала XX столетия стал основой радиотехнической промышленности.

Десятилетия работы хрусталеносных месторождений Приполярного Урала ушли в прошлое, стали историей. Прошло почти тридцать лет с тех пор как отпала необходимость в добыче природного пьезокварца (его научились в необходимых количествах получать искусственно), закрылись месторождения, исчезли поселки горняков, но в музеях Республики Коми, России и многих стран, да и в личных коллекциях сохранились прекрасные своей совершенной геометрической формой, прозрачностью отдельные



Выставку открывает министр промышленности, природных ресурсов, энергетики и транспорта Республики Коми Н. Н. Герасимов

The exhibition was opened by Minister of Industry, Natural Resources, Energy and Transport of Komi Republic N. N. Gerasimov

кристаллы и друзы горного хрусталя, дымчатого кварца, аметиста, кварца-волосатика. Они остались «материальными свидетельствами» о тысячах горнорабочих, совершивших в 30—80 гг. XX столетия гигантскую работу по проходке многих километров поверхностных и подземных горных выработок и извлечению из недр тысяч тонн кристаллосырья. Они остались «материальной памятью» об интеллектуальной работе десятков геологов, изучавших месторождения и научившихся прогнозировать, предсказывать и находить места скопления кристаллов кварца — горного хрусталя, этого чуда природы.

Именно горный хрусталь Приполярного Урала стал темой выставки «Геологическое достояние республики. Все о кварце», которая является совместным проектом Национального музея Республики Коми и Геологического музея им. А. А. Чернова (Институт геологии Коми НЦ УрО РАН). Она размещена в одном из залов Отдела природы Национального музея РК.

Выставка посвящена 90-летию со дня открытия геологом А. Н. Алешковым в 1927 г. первого на западном склоне Приполярного Урала,



На открытии выставки / At the opening of the exhibition



Ответственные за оформление выставки сотрудники Национального музея РК С. М. Пешкина и Т. В. Голованова
Designers of the exhibition, workers of the National Museum of Komi Republic S. M. Peshkina and T. V. Golovanova

на территории Автономной области Коми месторождения горного хрусталя Сура-из, содержащего сырье, пригодное для технических целей.

Еще одна знаменательная дата: 80 лет назад, в 1937 г., в селе Саранпауль на восточном склоне Приполярного Урала (Ханты-Мансийский автономный округ Тюменской области) была создана Полярно-Уральская экспедиция треста № 13 Главного управления электрослаботочной промышленности наркомата оборонной промышленности СССР. Этот год (даже известно число — 1 августа) считается началом промышленного освоения хрустальных богатств Приполярного Урала.

Полярно-Уральская экспедиция занималась поисками и добычей пьезокварца на территории и Тюменской области, и Коми АССР. Ввиду возросших объемов работ в 1958 г. была создана база в пос. Кожим-Рудник на железной дороге Котлас — Воркута, которая с 1960 г. стала самостоятельной Экспедицией № 105. Современный приемник этой экспедиции — ООО «Кожимская РДП» — занимается добычей жильного кварца высокой чистоты для синтеза в заводских условиях технического горного хрусталя.

Основу экспозиции выставки составляют образцы кварца, агата, опала из коллекций Геологического музея Института геологии Коми НЦ УрО РАН и Национального музея Республики Коми. Кроме того, выставлены образцы из частных коллекций: доктора геолого-минералогических наук А. П. Боровинских, министра промышленности и энергетики РК Н. Н. Герасимова, известного в республике каменщика и ювелира А. С. Сорокина, коллекционера И. И. Свистельника.

Всего на выставке представлено около сотни предметов, в том числе изделия из кварца и агата: по-

лировки, броши, бусы, браслет, стразы, образцы искусственно выращенных цветных разновидностей кристаллов кварца. Есть на выставке и несколько предметов, демонстрирующих использование кварца в технике: кварцевые пластины и бруски, извлеченные из кварцевых резонаторов.

Каменный материал хорошо дополняют старые и современные фотографии Приполярного Урала из архивов бывшего директора Института геологии Коми филиала АН СССР М. В. Фишмана, художника и фотографа Я. Я. Вундера. Портреты выдающихся геологов-кварцевиков, внесших большой вклад в изучение месторождений пьезооптического кварца Республики Коми, предоставлены из личных собраний В. А. Смирновой и П. П. Юхтанова. На мониторе демонстрируются фотопортреты первооткрывателя месторождений горного хрусталя А. Н. Алешкова; первого начальника Полярно-Уральской экспедиции М. С. Ливертовского, ведущих специалистов по геологии кварцевых месторождений и авторов геологического бестселлера «Структуры хрусталеносных полей» профессора А. Е. Карякина и д. г.-м. н. В. А. Смирновой; участников открытия крупнейшего в России кварцевого месторождения Желанное В. В. Буканова и С. В. Букатича; геолога А. Д. Азарных, долгое время бывшего главным геологом, а затем начальником Кожимской экспедиции № 105; А. А. Кораго, в 80-е годы XX в. проделавшего гигантскую работу по изучению жильного кварца и заложившего основы технологии обогащения кварца западного склона Приполярного Урала.



Агаты Тимана из коллекции А. П. Боровинских

Agate of Timan from the collection of A. P. Borovinskikh

На выставке демонстрируются книги о горном хрустале Приполярного Урала: материалы двух научных кварцевых конференций (1992 и 2004), монографии сотрудников Института геологии и прекрасно иллюстрированная книга В. В. Буканова с соавторами «Приполярный Урал: минералы хрусталеносных гнезд».

Выставка открылась 10 ноября 2016 г. и будет работать до 1 марта 2017 г.

Геологический музей им. А. А. Чернова Института геологии (г. Сыктывкар) обладает одной из лучших и полных минералогических коллекций горного хрусталя и минералов хрусталеносных гнезд Приполярного Урала. В постоянной экспозиции музея находится более сотни разнообразных образцов кристаллов кварца, а в научных фондах музея — тысячи образцов, дающих представления о характерных особенностях кристаллов кварца практически всех месторождений



Образцы кварца из коллекций Геологического музея им. А. А. Чернова (Институт геологии Коми НЦ УрО РАН)
Samples of quartz from the collections of the Geological Museum named after A. A. Chernov (Institute of Geology, Komi SC UB RAS)

Приполярного Урала. Среди демонстрирующихся образцов — уникальный кристалл кварца весом 1160 кг, третий по величине кристалл в музеях России (два более крупных находятся в Москве).

Цель выставки — привлечь внимание общественности, населения, молодежи к истории геологического изучения и промышленного освоения, уникальным природным геологическим объектам Республики Коми; отдать дань уважения людям, работавшим на месторождениях в суровых условиях северных гор.

История разработки хрустальных недр Урала пока не написана и незнакома широкой публике. Предполагается, что Институт геологии совместно с другими заинтересованными организациями в 2017 г. подготовит сборник «Материалы к истории изучения хрусталеносных месторождений Приполярного Урала». Приглашаем к участию в сборнике обладателей оригинальных материалов. Воспоминания, фотографии людей и красивых образцов, любительские фильмы, персоналии, геологический («хрустальный») фольклор принимаем в неограниченных количествах.

П. Юхтанов, И. Астахова, Л. Жданова

ЧЕРТЫ КРИСТАЛЛОГРАФИИ ХХІ ВЕКА НА ПЕРВОМ РОССИЙСКОМ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОМ КОНГРЕССЕ 21st CENTURY CRYSTALLOGRAPHY OUTLINES AT THE FIRST RUSSIAN CRYSTALLOGRAPHY CONGRESS

The First Russian Crystallography Congress was held from the 21st to 26th of November in Moscow. Meetings of the Congress took place in one of new pavilions of Exhibition of Economic Achievements. The aim of the Congress was integration of scientists' efforts to develop modern crystallography as the methodology of interdisciplinary researches of the 21st century.

С 21 по 26 ноября 2016 года в Москве прошел Первый Российский кристаллографический конгресс. Заседания проходили в одном из новых павильонов ВДНХ.

Цель конгресса, как ее сформулировали организаторы, — объединение усилий ученых для развития современной кристаллографии как методологии междисциплинарных исследований ХХІ века [1].

Организаторами конгресса были: Национальный комитет кристаллографов России, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» РАН.

Конгресс проходил под председательством члена-корреспондента РАН М. В. Ковальчука — президента Курчатовского института.

В нашей стране уже проводились крупные кристаллографические мероприятия (7-й Международный кристаллографический конгресс в 1966 году, международная конференция в 1980 году, регулярные всесоюзные совещания по росту кристаллов, национальные конференции по росту кристаллов). Эти мероприятия были весьма успешны и обеспечивали должный уровень кристаллографических, в том числе ростовых, исследований в стране. В частности, они способствовали тому, что в ряде научных центров и университетов возникли кристаллографические и

кристаллотехнологические лаборатории, в стране была создана индустрия кристаллов, кристаллографические эксперименты вышли в космос.

Благодаря целому ряду причин прошедший Кристаллографический конгресс вызвал большой интерес и стал важнейшим событием в научной жизни страны. Откликнулось огромное для внутрироссийских мероприятий количество (около 2000 человек) исследователей разных специальностей — минералогов, химиков, физиков, биологов и др. Безусловно, продолжают сказываться славные традиции кристаллографии в России, заложенные нашими великими предшественниками (Гадолин, Федоров, Вульф, Вернадский, Ферсман, Шубников, Шафрановский, Вайнштейн), вызвала интерес и фигура председателя конгресса, с которым связывается новое лицо отечественной кристаллографии. Немаловажную роль играл и сам Курчатовский институт, претендующий на новую модель организации науки в России, а также реальная междисциплинарность современной кристаллографии, находящаяся в мейнстриме современных требований к науке в России. Да и девиз конгресса: «От конвергенции наук к природоподобным технологиям» — вполне соответствовал духу времени.

Кристаллография, зародившаяся как специализированная наука в недрах минералогии, прошла сложный и интересный путь развития. Сегодня она пере-

живает новый этап своей эволюции как наука, интересы которой уже вышли далеко за границы классической кристаллографии. В XXI веке в кристаллографии происходят глубинные изменения, которые нашли отражение в программе конгресса, где наряду с традиционными направлениями появились такие совершенно новые для нашей науки секции, как «Кристаллография в биологии и медицине», «Кристаллография и когнитивные исследования», «Кристаллографические методы в гуманитарных науках», «Образовательные аспекты современной кристаллографии».

Новый междисциплинарный уровень развития кристаллографической науки отразился и в тематике пленарных докладов:

Ковальчук М. В. Кристаллография — методология междисциплинарной науки XXI века.

Панченко В. Я. Аддитивные технологии — природоподобный путь создания материалов.

Попов В. Ю. Увидеть — значит понять. От пространственной структуры к биологической функции.

Благов А. Е. Курчатовский синхротронно-нейтронный комплекс. От классической кристаллографии к природоподобным технологиям.

Антипов Е. В. Структурный дизайн материалов для электрохимической энергетики.

Демин В. А. Нейросетевой искусственный интеллект.

Василов Р. Г. Источники энергии для молекулярных машин и биологических устройств.

Макаров Н. А. Археологические древности России как объект междисциплинарных исследований.

Черниговская Т. В. Нейронаука и гуманитарное знание.

Чвалун С. Н. Природные нанокомпозиты. Учимся у природы.

Волошин А. Э. Дефекты в неорганических и биологических кристаллах: сходство и различия.

Таким образом, среди характерных черт новой кристаллографии выделяется ее четко выраженная междисциплинарность, вытекающая из единства атомно-молекулярной структуры всех объектов материального мира, а знание атомной структуры как раз и обеспечивает кристаллография. Собственно, крен кристаллографии в сторону биологии и медицины наблюдается уже достаточно давно. Начался он с расшифровки структуры гена, изучения кристаллов белков и распространился теперь на структуры биологических макромолекул и биоорганических соединений в целом, на структурную биологию.

Особая и тесная связь кристаллографии с нанотехнологиями и вообще с нанонауками была очевидной изначально. Интересно, что изучение нанообъектов, в свою очередь, ставит совершенно новые задачи перед кристаллографией и кристаллографическими методами. В этом плане становится настоятельной необходимостью не только развитие новых специализированных методов изучения пространственной структуры нанообъектов, но и появление времяразрешающих методов. В частности, детальное изучение таких нанообъектов, как кватароны, возможно только с использованием данных методов. Применяемые сейчас для этих целей методы высокоразрешающей криоэлектронной микроскопии недостаточны.

Совершенно уникальное явление — экспансия кристаллографических методов в гуманитарные нау-

ки, в частности в исследование объектов культурного наследия, в изучение предметов искусства, археологии, палеонтологии. Особую эффективность в этих науках демонстрируют рентгеновские и синхротронные методы.

Кристаллография XXI века должна занять достойное место в том комплексе наук и технологий, которые в Курчатовском институте объединяют аббревиатурой НБИКС, по крайней мере она, безусловно, будет играть важную роль в их развитии [2]. Это подчеркивалось многими выступающими. При этом предполагается, что НБИКС-технологии будут определять лицо науки в XXI веке, формируя в итоге нечто интегральное (новая натурфилософия?), которое на сегодня еще не имеет общепринятого названия.

Необходимо сказать несколько слов о самом Курчатовском институте, одном из организаторов конгресса, куда были организованы экскурсии для участников. Была предоставлена возможность детально ознакомиться с созданным здесь уникальным центром НБИКС наук и технологий, который не имеет аналогов в стране и мире. Исследовательская база этого центра основана на двух мегаустановках — на курчатовском специализированном источнике синхротронного излучения и нейтронном исследовательском комплексе (реактор ИР-8). В центре сформированы исследовательско-технологические платформы, в рамках которых проводятся исследования по широкому спектру проблем конвергентных наук и технологий: от кристаллографии, расшифровки структур белков до геномики, протеомики, биоинформатики, вплоть до изучения мозга и психики человека. Развернуты широкомасштабные исследования в области гуманитарного знания, этнографии, лингвистики, палеогенетики и археологической генетики.

В Курчатовском институте для максимально эффективного использования имеющегося здесь уни-



Экскурсия по Курчатовскому институту

Excursion to the Kurchatov Institute



Расшифровка аббревиатуры «НБИКС»

What does «НБИКС»? (nanotechnology, biotechnology, information & cognitive technologies)

кального оборудования образованы восемь ресурсных центров [3]: «Нанозонд» (зондовая и электронная микроскопия); «Электрофизика» (электрофизические методы); «Оптика» (оптическая микроскопия и спектроскопия); «Рентген» (лабораторные рентгеновские методы); «Полимер» (органические и гибридные материалы); «Когнимед» (ядерно-физические методы); «Нейрон» (нейрокогнитивные исследования); «Молбиотех» (молекулярная и клеточная биология).

Их деятельность осуществляется в режиме коллективного пользования и доступна для выполнения

исследований сторонними организациями. Ресурсные центры оснащены прекрасным оборудованием и обеспечивают возможности проведения исследований на высоком уровне по всем важнейшим направлениям НБИКС-технологий.

Подводя итоги прошедшего форума отечественных кристаллографов с участием смежных специалистов, следует отметить чрезвычайную полезность этого мероприятия не только для консолидации и мобилизации в области фундаментальных и прикладных исследований кристаллов, их роста, структуры и свойств, но и для демонстрации великих возможностей самой кристаллографии, ее методов для решения междисциплинарных проблем современной науки. По словам М. В. Ковальчука, кристаллография может и должна стать методологией междисциплинарной науки XXI века и открыть новые технологические перспективы перед человечеством.

Литература

1. От конвергенции наук к природоподобным технологиям: Первый Рос. кристаллограф. конгресс (Москва, 21–26 ноября 2016 г.): Сб. тез.. 451 с.
2. Ковальчук М. В., Нарайкин О. С., Якишина Е. Б.. Конвергенция наук и технологий – новый этап научно-технического развития. М.: Изд. НИЦ «Курчатовский институт», 2016. 16 с.
3. Ресурсные центры Курчатова комплекса НБИКС-технологий. М.: НИЦ «Курчатовский институт», 2016, 24 с.

Академик А. Асхабов

БИОСТРАТИГРАФ, ПАЛЕОНТОЛОГ И ПАЛЕОЭКОЛОГ (1926–2004) BIOSTRATIGRAPHIST, PALEONTOLOGIST AND PALEOECOLOGIST (1926–2004)

December 12, 2016, marked 90 years since birthday of Nikolay Vlasovich Kalashnikov — a well-known paleontologist, paleoecologist, biostratigraphist and active popularizer of knowledge about ancient Phanerozoic organisms in the European North-East. He was the author of seven monographs and more than one hundred articles covering a wide circle of science problems. From 1986 till his death in 2004 N. V. Kalashnikov was the chairman of Syktyvkar department of Russian Paleontological society.

12 декабря 2016 г. исполнилось 90 лет со дня рождения Николая Власовича Калашникова — известного палеонтолога, палеоэколога, биостратиграфа и активного популяризатора знаний о древних организмах фанерозоя Европейского Северо-Востока. Он автор семи монографий и более ста статей, охватывающих широкий круг научных проблем. С 1986 г. до своей кончины в 2004 г. Н. В. Калашников был председателем Сыктывкарского отделения Палеонтологического общества России.

Николай Власович родился в 1926 г. в посёлке Закамск г. Перми. В 1954 г., окончив геолого-географический факультет Пермского университета, молодой специалист Н. В. Калашников приехал в Сыктывкар на работу в Отдел геоло-



гии Коми филиала АН СССР. С тех пор в течение 50 лет он ни разу не менял место работы. Первыми его руководителями и наставниками были А. А. Чернов и В. А. Варсанофьева. Переданные Николаю Власовичу уникальные коллекции каменноугольных брахиопод из сборов В. И. Есевой навсегда определили его пристрастие к этой группе палеонтологических остатков. С 1955 г. его многочисленные полевые маршруты пролегали от р. Уньи и верховий р. Печоры Северного Урала до Северного острова Новой Земли и Северного Тимана.

Биостратиграфические исследования Н. В. Калашникова охватывали широкий диапазон истории Земли — от раннего карбона до поздней перми. Он пока-



зал возможность использования брахиопод наряду с ортостратиграфическими группами ископаемых организмов для решения биостратиграфических задач. Его данные по брахиоподам Северного и Полярного Урала, островов Вайгач и Новая Земля вошли в унифицированные стратиграфические схемы Урала. Большой интерес представляют работы Николая Власовича в области палеогеографии. Анализ комплексов брахиопод с учётом их биогеографии он применял для внутрибассейновой и межрегиональной корреляции.

Особое место в исследованиях Н. В. Калашникова занимали вопросы палеоэкологии. Палеоэкологическому анализу фауны были посвящены его первая и последняя монографии: «Экология фауны и биомическое районирование раннекаменноугольного моря Северного Урала» (1967) и «Экосистемы раннего карбона Европейского Севера России» (2005).

Важным направлением в деятельности Николая Власовича было изучение истории науки, истории геологического освоения Севера. Многие его очерки и книги посвящены замечательным учёным, с которыми он был знаком лично. С большой скрупулезностью он изучал биографии и результаты научной деятельности своих предшественников по полевым дневникам, архивным данным, фотоматериалам, воспоминаниям родственников и друзей. Благодаря ему мы многое узнаем о жизни и деятельности исследователей, посвятивших себя геологии и палеонтологии Русского Севера.

Мы, коллеги Николая Власовича, продолжаем его славную традицию ценить своих предшественников, отдавать им дань памяти и уважения.

*К. г.-м. н. В. Лукин,
д. г.-м. н. В. Цыганко,
д. г.-м. н. Т. Безносова*

В ЗЕРКАЛЕ ПРЕССЫ • MEDIA MIRROR

We represent the press review reflecting events and facts of activity of Institute of Geology in September-November 2016.

Минерально-сырьевая база РК имеет существенное значение в потенциале РФ. По показателям добычи нефти Коми занимает 10 место среди регионов России, добывая около 2,6 % от общей добычи нефти в стране. В целом Тимано-Печорская провинция занимает по запасам нефти четвертое место в России и характеризуется высокими перспективами для их наращивания.

Запасы каменного угля в Печорском бассейне составляют 7 млрд т (кат. А+В+С₁), или 3,7 % от общероссийских. Ежегодная добыча угля — около 10 млн т (4,5 % от общероссийских).

В Тиманской бокситоносной провинции находится 26 % от общероссийских запасов бокситов и около 60 % от их общих ресурсов. Сегодня с успехом реализуется добыча бокситов до 3—3,5 млн т в год и возможно ее наращивание.

Перспективны разработки титановых руд (Ярега и Умбинско-Пижемская площадь Среднего Тимана). Работают предприятия по добыче жильного кварца, имеются предпосылки для освоения рудного золота, марганцевых, хромовых руд, баритов, калийных солей, горючих сланцев. Невостребованными пока остаются такие стратегические виды полезных ископаемых, как хром, медь, редкие и редкоземельные металлы, бариты, каменная соль, но в перспективе ожидается возрастание спроса и на эти виды сырья.

Открытие новых нефтегазоносных месторождений можно предполагать в области Предуральского краевого прогиба, гряды Чернышева, Хорейверской и Денисовской впадин, а также в северной части Ижмо-Печорской впадины (Регион. 2016. № 34).

По инициативе ФАНО создается самый крупный проект нового Федерального информационного центра (ФИЦ) на базе Коми НЦ в Сыктывкаре. Речь идет об объединении шести институтов УрО РАН (при сохранении их научного лица) с НИИ сельского хозяй-

ства РК с целью проведения мульти- и междисциплинарных исследований, направленных на обеспечение устойчивого развития северных территорий и Российской Арктики. Планируется решение проблем рационального природопользования и развитие минерально-сырьевой базы региона, сохранение среды обитания и традиций народов Севера, их языка, культуры и исторической памяти (Наука Урала. 2016. № 12).

Министр промышленности, транспорта и энергетики РК Н. Н. Герасимов преподнес ценный подарок от воркутинских геологов Национальному музею республики на открытии Всероссийской научно-практической конференции «Роль визуальных источников в изучении региональной истории». Это оцифрованный фотоархив известного воркутинского художника, фотографа Якова Вундера. Работая с геологами Воркутинской комплексной геологической экспедиции, за десятки лет пешком, на лошадях, на вертолете, он со своим этюдником и неизменным фотоаппаратом побывал во многих уголках нашего Севера, делая бесконечные зарисовки, этюды, наброски. Суровый край стал страстью художника. Он работал в графике, живописи, много снимал на фотоаппарат. Просторы тундры, бурное Карское море, живописные Уральские горы, Югорский Шар, Вашуткины озера. В его картинах нашли отражение быт и трудовые будни геологов, с которыми он делил все тяготы экспедиционной жизни.

В мае этого же года Николай Герасимов подарил Национальному музею коллекцию графики и живописи Якова Вундера. Он же впоследствии оцифровал и отреставрировал фотоархив художника. В картинах и на пленках десятки лет жизни Крайнего Севера: лица, пейзажи, новые промышленные стройки. Все это — добрая память о художнике Я. Я. Вундере — человеке и патриоте родного края (Республика. 2016. 24 сентября).

К. г.-м. н. Е. П. Калинин



THE RAREST ELEMENT (to the jubilee of I. V. Kozyreva)

Irina Vladimirovna Kozyreva — a geochemistry scientist, Candidate of geological and mineralogical sciences, Scientific Secretary of the Institute of Geology of Komi Science Centre UB RAS. Her research interests are focused on the diagnosis of convergent metahydrolysis of endogenous and exogenous nature and study of their mineralogical and geochemical specialization as the basis for the assessment of mineral resources. She is the author of over 150 scientific papers including 5 monographs, 5 brochures and individual publications.

САМЫЙ РЕДКИЙ ЭЛЕМЕНТ

(к юбилею И. В. Козыревой)

Ирина Владимировна Козырева — высококвалифицированный специалист в области минералогии и геохимии редких и редкоземельных элементов, ведет научные исследования по проблеме генетической диагностики горных пород-гидролизатов и их метаморфизованных аналогов в рамках плана научных исследований Института геологии. Наиболее значимые научные результаты касаются диагноза конвергентных метавидоизменений эндогенной и экзогенной природы и выявления геохимической и минералогической специализации этих образований как основы для прогноза полезных ископаемых. И. В. Козырева — автор более 150 научных трудов, в том числе 5 монографий и 5 брошюр и отдельных изданий. Основные результаты исследований были представлены на научных конференциях различного уровня в России и за рубежом.

И. В. Козырева принимает участие в планировании и разработке научных исследований, организует проведение комплексных работ, участвует в их осуществлении, координирует деятельность структурных подразделений. Обеспечивает участие сотрудников Института в конкурсах различного уровня, организует выполнение научными подразделениями фундаментальных и прикладных исследований. Участвует в пропаганде научных знаний, в организации научных конференций различного уровня. Помогает в решении основных вопросов научной деятельности института и осуществлении мероприятий по обеспечению выполнения исследований. Организует подготовку и составление сводных отчетов о научной и научно-организационной деятельности института, координирует



ет международную деятельность сотрудников института. Является секретарем Ученого совета института, председателем комиссии по творческому наследию, заместителем председателя Сыктывкарского отделения Российского минералогического общества, членом экспертной комиссии института, научно-издательского совета, редакционной коллегии научного журнала «Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН», Международного геохимического общества, Российского геологического и Российского географического обществ.

И. В. Козырева — доцент кафедры геологии Института естественных наук Сыктывкарского государственного университета. Под её руководством в течение многих лет ведется подготовка студентов по геохимии и геохимическим методам поисков полезных ископаемых.

Вклад в науку и активная общественная деятельность И. В. Козыревой отмечены благодарностями, премиями, почётными грамотами Института геологии (2008), Уральского отделения РАН (2008), Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми (2008), Министерства образования Республики Коми (2009), Российской академии наук и профсоюза работников Российской академии наук (2012), Коми НЦ УрО РАН (2014).

Поздравляем Ирину Владимировну с юбилеем, желаем здоровья, счастья и творческих успехов!



Работа над ошибками

В статье В. А. Салдина «Среднекаменноугольные фосфориты ...» в «Вестнике» № 9—10, 2016 были допущены следующие ошибки:

На стр. 8, в аннотации, в 4 строке сверху вместо «карбонатсодержащий фторгидроксилатапатит» следует читать «фторкарбонатапатит».

Там же, во введении, во втором столбце, в 10 строке вместо «О. В. Япаскерт [25]» следует читать «Я. Э. Юдович [24]».



УКАЗАТЕЛЬ МАТЕРИАЛОВ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В Вестнике В 2016 ГОДУ

ОФИЦИАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПЕРЕДОВЫЕ СТАТЬИ	НОМЕР	СТРАНИЦЫ
Асхабов А. М. Институт геологии в 2015 году	2	3—13
Калинин Е. П. В зеркале прессы	3	41—42
	12	54
НАУЧНЫЕ СТАТЬИ		
Амосова О. Е., Голубев Е. А., Шанина С. Н. Дискриминантный анализ аминокислотного состава природных углеродистых веществ	11	46—53
Антошкина А. И., Соджа К. М. Использование органических остатков-индикаторов для уточнения палеогеографического положения двух террейнов Аляски в пределах Уральского морского пути в позднем силуре	2	14—23
Антропова Е. В. Новые данные о силурийских строматопороидеях руч. Безымянного (поднятие Чернова)	9—10	22—31
Астахова И. С., Плаксина Н. Е. Минеральный состав красок икон нижней Печоры	4	29—33
Асхабов А. М. Микро- и наноблочный рост кристаллов	5	13—18
Безносова Т. М., Лукин В. Ю., Матвеев В. А. Прижизненные захоронения морских донных сообществ в венлокских штормовых отложениях на поднятии Чернова	12	31—36
Безносова Т. М., Лукин В. Ю., Мянник П. Возраст горизонтов нижнего силура Европейского Северо-Востока России	11	10—14
Бугина В. М., Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Литохимическая характеристика отложений карстовой фосфоритовой залежи Харанурского месторождения (Юго-Восточные Саяны)	8	33—37
Буравская М. Н., Голубева Ю. В. Особенности палеогеографических условий аллювиального осадконакопления в голоцене (юго-западная часть Тимано-Печоро-Вычегодского региона)	4	17—23
Бурдельная Н. С., Деревесникова А. А., Бушнев Д. А. Off-line пиролиз керогена доманиковых отложений Тимано-Печорского осадочного бассейна	9—10	3—7
Бушнев Д. А., Бурдельная Н. С., Кузьмин Д. В., Мокеев М. В., Бурцев И. Н. Биомаркеры углей Интинского месторождения, выделение и анализ химической структуры гиперуглей	11	23—30
Бушнев Д. А., Валяева О. В., Котик И. С., Бурдельная Н. С., Бурцев И. Н. Состав биомаркеров битумоидов из углей и вмещающих отложений северо-востока Печорского угольного бассейна	6	3—10

Хроника

3 декабря — 30 лет трудовой деятельности технолога I категории лаборатории геологии нефтегазоносных бассейнов Разияджан Маримовны Ниязметовой.

7 декабря — в рамках проведения Сыктывкарским государственным университетом форума «Арктические ресурсы» делегация из Университета Северной Британской Колумбии и Копенгагенской бизнес-школы посетила Геологический музей им. А. А. Чернова.

9 декабря — в Институте геологии прошла встреча сотрудников Географического общества с генеральным консулом Республики Корея в Санкт-Петербурге Lee Jin Hyun (Ли Джин Хён). Беседа была посвящена общим вопросам проведения фундаментальных исследований в области географии, геологии, этнографии Коми научного центра УрО РАН, а также возможности сотрудничества между Коми научным центром УрО РАН и организациями Республики Корея.

10 декабря — 50 лет со дня рождения м. н. с. лаборатории минералогии Сергея Альбертовича Попова.

12 декабря — 90 лет со дня рождения к. г.-м. н. Николая Власовича Калашникова известного палеонтолога и биостратиграфа.

14 декабря — XXX Черновские чтения, посвященные 110-летию со дня рождения заслуженного геолога Г. А. Чернова.

19 декабря — состоялось 1300 заседание минералогического семинара.

26 декабря — 60-летний юбилей ведущего технолога лаборатории химии минерального сырья Ольги Владимировны Кокшаровой.

27 декабря — 70-летний юбилей техника лаборатории геологии нефтегазоносных бассейнов Людмилы Петровны Морохиной.

28 декабря — 50-летний юбилей Ученого секретаря Института геологии Коми НЦ УрО РАН Ирины Владимировны Козыревой.

Chronicle

December 3 — 30 years of working activity of 1st category technologist at the laboratory of petroliferous basins geology Niyazmetova Raziyaadzhana Marimovna.

December 7 — within «Arctic resources» the delegation from Northern British Columbia University and Copenhagen Business School visited the Geological Museum named after A. A. Chernov.

December 9 — Institute of geology hosted a meeting of the staff of the Geographical Society with General Consul of the Republic of Korea in St. Petersburg Lee Jin Hyun. The conversation was devoted to general issues of fundamental researches in geography, geology, ethnography of the Komi Science Center UB RAS, and to possible cooperation between the Komi Science Center UB RAS and institutes of the Republic of Korea.

December 10 — 50th Anniversary of Junior Researcher at the Laboratory of Mineralogy Sergey Albertovich Popov.

December 12 — 90th Anniversary of PhD Nicolay Vlasovich Kalashnikov famous paleontologist and biostratigrapher.

December 14 — XXX Chernov Readings devoted to the 110th Anniversary of the honored geologist G. A. Chernov.

December 19 — 1300th meeting of the Mineralogical seminar.

December 26 — the 60th Jubilee of leading technologist at the Laboratory of mineral raw chemistry Olga Vladimirovna Koksharova.

December 27 — the 70th Jubilee of technician at the laboratory of petroliferous basins geology Ludmila Petrovna Morokhina.

December 28 — the 50th Jubilee of Science Secretary Irina Vladimirovna Kozyreva.



Вализер П. М., Русин А. И., Краснобаев А. А. Гранат метавулканитов максютовского комплекса (Южный Урал)	6	11—17
Войтеховский Ю. Л., Степенщиков Д. Г. Вершинные и реберные усечения закрытых простых форм: к 280-летию Ж. Б. Л. Роме-де-Лиля и 80-летию Н. П. Юшкина	5	32—37
Войтович С. П. Сравнительная характеристика подземных и шахтных вод некоторых угольных бассейнов Украины и России	2	44—48
Голубев Е. А., Мартиросян О. В. Исследование надмолекулярной структуры волокнистого керита Волыни	5	53—58
Гракова О. В., Уляшева Н. С. Металлогенические особенности верхнепротерозойских углеродсодержащих сланцев няровейской серии (Полярный Урал)	9—10	16—21
Денисова Ю. В. Термометрия циркона из гранитоидов Приполярного Урала	12	37—44
Журавлев А. В., Герасимова А. И. Строение разреза и конодонты карской свиты (нижний карбон) Амдерминского района Северного Пай-Хоя	1	3—10
Журавлев А. В., Герасимова А. И. Рентгенотомографический метод микропалеонтологического изучения кремнистых пород	3	26—32
Журавлев А. В. Новая лосевская свита силура — нижнего девона севера Пайхойского карбонатного паравоухтона	4	24—28
Инкина Н. С. Находки фосфоритов в сезымской свите (нижняя пермь, Косью-Роговская впадина)	9—10	39—44
Камашев Д. В. Кинетические особенности образования надмолекулярных структур на основе монодисперсных сферических частиц кремнезема	6	18—23
Канева Т. А. Петрогенезис и геодинамика позднедокембрийских вулканитов Северо-Западного Пай-Хоя	12	3—15
Канева Т. А., Никулова Н. Ю., Старикова Е. В. Вещественный состав и условия образования верхнепротерозойских и верхнекембрийско-нижнеордовикских песчаников Северо-Западного Пай-Хоя	4	7—16
Котик И. С., Даньщикова И. И., Котик О. С., Валяева О. В., Можегова С. В., Соколова Л. В. Литолого-геохимическая характеристика силурийских отложений Тальбейского блока гряды Чернышева	11	15—22
Котик О. С. Органическое вещество, катагенетическая преобразованность и генерационный потенциал казанско-татарских отложений севера Предуральяского прогиба	11	3—9
Котова О. Б., Понарядов А. В., Гёмзе Л. А. Гидротермический синтез нанотрубок диоксида титана из концентрата титановой руды Пижемского месторождения (Россия)	1	34—36
Кряжева И. В., Пономарев Д. В., Т. ван Кольфсхотен, Й. ван дер Плихт. Позднеголоценовые мелкие млекопитающие из местонахождений долины реки Шарью (гряда Чернышева)	12	16—22
Кузнецов С. К., Тимонина Н. Н., Кузнецов Д. С. Ресурсный и стоимостный потенциал полезных ископаемых Арктической зоны Тимано-Североуральского региона	11	31—39
Леканова Т. Л., Лютоев В. П., Головатая О. С. Изучение эффекта термогенного окрашивания жаропрочного материала на основе титаната алюминия	8	38—43
Лихниченко Е. Г., Левченко Е. Н., Якушина О. А., Фатов А. С. Принципиальная термохимическая технология переработки циркон-бадделейтовых концентратов	3	18—25
Лютоев В. П., Силаев В. И., Лысюк А. Ю., Шевчук С. С. Керченские оолитовые железные руды и возможности их технологической модификации	1	18—29
Макеев А. Б., Красоткина А. О., Скублов С. Г. Геохимия и U-Pb-возраст циркона Пижемского титанового месторождения (Средний Тиман)	5	38—52
Маркова П. А. Няртинский метаморфический комплекс Приполярного Урала: первичная природа метаморфических пород и палеогеографические условия формирования протолитов	7	19—32
Матвеев В. А., Канев Б. И. Особенности строения верхнелудловских отложений в опорном разрезе силура на западном склоне Приполярного Урала	8	3—8
Машин Д. О. Трехмерная геологическая модель Крымского учебного геологического полигона	7	43—45
Медведева Е. В., Немов А. Б., Котляров В. А. Первая находка банальсита-стрональсита на Урале	3	13—17
Никулова Н. Ю. Нижнепалеозойские метапесчаники хребта Оченырда (Полярный Урал)	7	33—42
Носкова Н. Н. Новые данные о сейсмичности северной части Урала	3	3—12
Ожогин Д. О. Минералогия золотосульфидных руд месторождения Маломыр (Дальний Восток)	1	11—17
Перовский И. А., Пискунова Н. Н. Наноразмерные морфологические характеристики частиц синтетических порошков натисита и паранатисита	11	40—45
Плотицын А. Н. Корреляционные уровни в верхнем фамене и турне севера Урала и гряды Чернышева	7	46—53
Плотицын А. Н., Журавлев А. В. Морфология ранних стадий онтогенеза развитых представителей рода <i>Siphonodella</i> (конодонты, ранний карбон)	8	21—26
Попов В. Г., Абдрахманов Р. Ф. Формирование, происхождение и возраст рассолов Волго-Уральского нефтегазового бассейна	4	3—6
Размыслов И. Н. Фазовые изменения минералов бокситов при энергетических воздействиях	6	33—34
Салдин В. А. Среднекаменноугольные фосфориты яйюской свиты в бассейне р. Няньворгаж (Лемвинская структурно-формационная зона)	9—10	8—15
Семущкина Л. В., Турысбеков Д. К., Тусупбаев Н. К., Котова О. Б. Технологические основы переработки хвостов флотационного обогащения с применением комбинированных флотореагентов	6	28—32



Силаев В. И., Пономарев Д. В., Симакова Ю. С., Шанина С.Н., Смолева И. В., Тропников Е. М., Хазов А. Ф. Современные исследования ископаемого костного детрита: палеонтология, минералогия, геохимия	5	19—31
Силаев В. И., Кокин А. В., Филиппов В. Н., Киселева Д. В., Нефедьева Н. С. Железный метеорит Большой Долгучан: результаты минералого-геохимических исследований	7	10—18
Симакова Ю. С. Особенности глобулярных слоистых силикатов Чим-Лоптюгского месторождения горючих сланцев	9—10	52—57
Сокерина Н. В., Онищенко С. А., Исаенко С. И. Флюидный режим формирования золоторудного месторождения Голец Высочайший (Ленский золотоносный район)	7	3—9
Сокерина Н. В., Шайбеков Р. И., Шанина С. Н., Исаенко С. И. Флюидный режим формирования золото-теллуридно-палладиевой минерализации на рудопроявлении Крутой (Пай-Хой)	8	9—13
Тришина О. М., Горбачевич Ф. Ф., Ветрин В. Р. Сравнение петрофизических свойств пород пренит-пумпеллиитовой и амфиболитовой фаций метаморфизма (Кольский п-ов)	9—10	32—38
Уляшева Н. С., Гракова О. В. Первичный состав пород няровейской серии (Полярный Урал)	2	24—35
Фазлиахметов А. М., Аржавитина М. Ю., Гилязов А. А. Петрографические особенности верхнефранских вулканокластических граувакк окрестностей озера Ялангаскуль (Западно-Магнитогорская зона Южного Урала)	12	23—30
Хатькова А. Н., Размахнин К. К. Цеолитсодержащие породы Восточного Забайкалья: новые технологии переработки	1	30—33
Шайбеков Р. И., Журавлев А. В. МПГ-минерализация в сульфидных рудах проявления Савайбейский (Центральный Пай-Хой, Югорский полуостров)	9—10	45—51
Шанина С. Н., Бушнев Д. А., Бурдельная Н. С. Амонокислотный состав сланцев доманика	8	27—32
Штырляева А. А., Журавлев А. В. Увеличение разрешающей способности рентгеновской микротомографии	6	24—27
Шуйский А. С., Голубева И. И. Новые данные по гранитоидам Гердизского массива (Полярный Урал)	8	14—20
Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Как назвать карбонатсодержащую породу? (Из опыта практической работы)	3	33—36
Якупов Р. Р. Силурийские хитинозои разреза Варна	2	36—43

ОБРАЗОВАНИЕ

ВУЗы и кафедра геологии СГУ им. П. Сорокина

Петровский В. А., Майорова Т. П. Год 2016 — шестнадцатый выпуск студентов-геологов, третий выпуск бакалавров	7	54—56
--	---	-------

Аспирантура и докторантура

Ракин В. И., Безносова Т. М. Сведения о работе диссертационных советов	1	41
--	---	----

ЭКСПЕДИЦИИ

Снигиревский С. М. Вниз по Волонге к дельте девонской реки	12	45—48
Соболева А. А., Удоратина О. В. От Урала до хребтов Калифорнии	3	38—39
Соболева А. А., Удоратина О. В. По центральной Калифорнии	4	41—44
Экспедиционные работы — 2016	6	39

СОВЕЩАНИЯ, КОНФЕРЕНЦИИ, СИМПОЗИУМЫ, СЪЕЗДЫ

За рубежом

Голубев Е. А. Конференция минералогов в Римини	11	54—56
--	----	-------

В России

Котова О. Б. XVIII Международный конгресс по обогащению угля	11	54
Котова О. Б. Конференция по проблемам обогащения и переработки минерального сырья (Плаксинские чтения)	11	56—58
Асхабов А. М. Черты кристаллографии XXI века на Первом Российском кристаллографическом конгрессе	12	51—53

В Сыктывкаре

Камашев Д. В. Третьи Юшкинские чтения	5	7—8
Майорова Т. П. Февральские чтения	2	49—51
Майорова Т. П. Саммит молодых исследователей	11	58—59
Юхтанов П. П., Астахова И. С., Жданова Л. Р. Геологическое достояние республики. Все о кварце	12	49—51

ИСТОРИЯ

Борисова И. Страницы истории становления нефтяной геологии на Европейском Севере России	4	36—37
---	---	-------



Маркова Г. А. Советско-болгарское сотрудничество (из истории совместных исследований)	6	35—37
ПЕРСОНАЛИИ, ЮБИЛЕИ		
Академику Н. П. Юшкину 80 лет	5	3—5
Геологический семинар, посвященный памяти ведущего специалиста в области изучения Тимана — Оловянишникова Всеволода Георгиевича (к 80-летию)	5	60
Лукин В. Ю., Цыганко В. С., Безносова Т. М. Биостратиграф, палеонтолог и палеоэколог (1926—2004) (к 90-летию Н. В. Калашникова)	12	53—54
Марченко-Вагапова Т. И. Геология четвертичных отложений Э. И. Лосевой (к 85-летию)	5	59—60
Отличник разведки недр (к 50-летнему юбилею И. Н. Бурцева)	9—10	59
Поздравление А. А. Соболевой (с 50-летием)	1	43
Риф А. И. Антошкиной (к 70-летнему юбилею)	3	44
Самородок с естественной огранкой (к 60-летнему юбилею В. И. Ракина)	9—10	58
Самый редкий элемент (юбилей И. В. Козыревой)	12	55
Строкова В. В. Что сохранила память...	5	5—6
Сухарев А. Е. Моделирование природных процессов по В. А. Петровскому (к 70-летию со дня рождения)	1	37—40
Цирконовая любовь Ю. И. Пыстиной (к юбилею)	6	38—39
Цыганко В. С. Женщины-первопроходцы Печорского края (к 125-летию М. И. Шульги-Нестеренко)	2	51—52
Цыганко В. С. Второй из славной династии Черновых		
(к 110-й годовщине со дня рождения выдающегося геолога Г. А. Чернова)	4	38—40
Zancanella Raffaele. Такие близкие Кавалезия и Республика Коми	5	9—12
НЕКРОЛОГИ		
Памяти Н. И. Тимониной	6	40
ЖИЗНЬ ИНСТИТУТА		
Ковальчук Н. С. День геолога — юбилейный, пятидесятый	4	34—35
Ефимов Д., Машин Д. О. Академическая лыжня и Академиада-2016	3	40—41
ПРЕЗЕНТАЦИЯ НОВЫХ ИЗДАНИЙ		
Андреичева Л. Н., Марченко-Вагапова Т. И., Буравская М. Н., Голубева Ю. В. Природная среда неоплейстоцена и голоцена на Европейском Северо-Востоке России. М.: ГЕОС, 2015. 224 с.	3	42
Академик Николай Павлович Юшкин (к 80-летию со дня рождения)	5	6
Блинова Т. С. Сейсмичность и сейсмическое районирование слабоактивных территорий. Пермь: ГИ УрО РАН, 2015. 178 с.	3	42
Пономаренко Е. С. Верхнекаменноугольно-нижнепермские карбонатные отложения западного склона Северного Урала. Сыктывкар: Геопринт, 2015. 177 с.	3	43
Антошкина А. И. Биологическое разнообразие особо охраняемых природных территорий Республики Коми. Вып. 8. Комплексный ландшафтный заказник «Адак». Сыктывкар, 2015. 200 с.	3	43
ОБЪЯВЛЕНИЯ		
Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента (информационное письмо)	8	44
Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения — 2016)	1	42—43
МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ДЛЯ ОФОРМЛЕНИЯ ОБЛОЖКИ <i>Vestnika</i>		
Антропова Е. В. Девонские амфипориды (Stromatoporoidea), р. Седью	3	
Астахова И. С. Хальцедоникс. Тиман (фото)	9—10	
Груздев Д. А. Полярный Урал, хребет Малый Пайпудынский, истоки р. Маниташор, безымянное озеро (фото)	1	
Ковальчук Н. С. Скальный выход известняков D3-C1-возраста. Пай-Хой, руч. Тогорейяха	8	
Ковальчук Н. С. Складка пород шекуринской свиты. Приполярный Урал, р. Хальмерья	7	
Ковальчук Н. С. Цветущая кочка на р. Каре, Пай-Хой	4	
Н. П. Юшкин на Пай-Хое рядом с местом, где был найден юшкинит	5	
Понарядов А. В. Висмут, полученный кристаллизацией из расплава в лаборатории экспериментальной минералогии	6	
Салдин В. А. Снежные катуны с силурийских скал на р. Косью	12	
Щадрин А. Н. Гастропода в известняках нижнего карбона. Северный Урал, р. Унья	2	
Ячменев А. В. Конкреция меловых песчаников на р. Ижме	11	



АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Zancanella Raffaele	5	9	Деревесникова А. А.	9	3	Маркова Г. А.	6	35	Соджа К. М.	2	14
Абдрахманов Р. Ф.	4	3	Дягилев Р. А.	3	42	Маркова П. А.	7	19	Сокерина Н. В.	7	3
Амосова О. Е.	11	46	Ефимов Д.	3	40	Мартиросян О. В.	5	53		8	9
Андреичева Л. Н.	3	42	Жданова Л. Р.	12	49	Марченко-			Соколова Л. В.	11	15
Антошкина А. И.	2	14	Железнова Г. В.	3	43	Вагапова Т. И.	3	42	Старикова Е. В.	4	7
	3	43	Журавлев А. В.	1	3		5	59	Стенина А. С.	3	43
Антропова Е. В.	3	Обл.		3	26	Матвеев В. А.	8	3	Степенщиков Д. Г.	5	32
	9	22		4	24		12	31	Строкова В. В.	5	5
Аржавитина М. Ю.	12	23		6	24	Машин Д. О.	3	40	Сухарев А. Е.	1	37
Астахова И. С.	4	29		8	21		7	43	Тетерюк Б. Ю.	3	43
	9	Обл.		9	45	Медведева Е. В.	3	13	Тетерюк Л. В.	3	43
	12	49	Зубов А. А.	2	49	Митюшева Т. П.	3	43	Тимонина Н. Н.	11	31
Асхабов А. М.	2	3	Инкина Н. С.	9	39	Можегова С. В.	11	15	Тришина О. М.	9	32
	5	13	Исаенко С. И.	7	3	Мокеев М. В.	11	23	Тропников Е. М.	5	19
	12	51		8	9	Морозов Н. А.	3	43	Турысбеков Д. К.	6	28
Баранов Ю. В.	3	42	Калинин Е. П.	3	41	Мянник П.	11	10	Тусупбаев Н. К.	6	28
Безносова Т. М.	1	41	Камашев Д. В.	5	7	Немов А. Б.	3	13	Удоратин В. В.	3	42
	11	10		6	18	Нефедьева Н. С.	7	10	Удоратина О. В.	3	38
	12	31	Канев Б. И.	8	3	Никулова Н. Ю.	4	7		4	41
	12	53	Канева Т. А.	4	7		7	33	Уляшева Н. С.	2	24
Блинова Т. С.	3	42		12	3	Носкова Н. Н.	3	3		9	16
Борисова И.	4	36	Кетрис М. П.	3	33		3	42	Фазлиахметов А. М.	12	23
Бугина В. М.	8	33		8	33	Ожогин Д. О.	1	11	Фатов А. С.	3	18
Буравская М. Н.	3	42	Киселева Д. В.	7	10	Онищенко С. А.	7	3	Филиппов В. Н.	7	10
	4	17	Ковальчук Н. С.	4	Обл.	Патова Е. Н.	3	43	Хазов А. Ф.	5	19
Бурдельная Н. С.	6	3		4	34	Перовский И. А.	11	40	Хатькова А. Н.	1	30
	8	27		7	Обл.	Петровский В. А.	7	54	Хохлова Л. Г.	3	43
	9	3		8	Обл.	Пискунова Н. Н.	5	7	Цыганко В. С.	2	51
	11	23	Кокин А. В.	7	10		11	40		4	38
Бурцев И. Н.	6	3	Кольфсхотен Т.	12	16	Плакшина Н. Е.	4	29		12	53
	11	23	Конанова Н. В.	3	42	Плотицын А. Н.	7	46	Шайбеков Р. И.	2	49
Бушнев Д. А.	6	3	Королев А. Л.	3	43		8	21		8	9
	8	27	Котик И. С.	6	3	Плихт Й.	12	16		9	45
	9	3		11	15	Понарядов А. В.	1	34	Шанина С. Н.	8	9
	11	23	Котик О. С.	11	3		6	Обл.		8	27
Вавилова С. В.	3	43		11	15	Пономарев В. И.	3	43		11	46
Вализер П. М.	6	11	Котляров В. А.	3	13	Пономарев Д. В.	5	19		5	19
Валяева О. В.	6	3	Котова О. Б.	1	34		12	16	Шевчук С. С.	1	18
	11	15		6	28	Пономаренко Е. С.	3	43	Штырляева А. А.	6	24
Ветрин В. Р.	9	32		11	54	Попов В. Г.	4	3	Шуйский А. С.	8	14
Войтеховский Ю. Л.	5	32		11	56	Пыстина Т. М.	3	43	Шадрин А. Н.	2	Обл.
Войтович С. П.	2	44	Краснобаев А. А.	6	11	Размахнин К. К.	1	30	Юдович Я. Э.	3	33
Герасимова А. И.	1	3	Красоткина А. О.	5	38	Размыслов И. Н.	6	33		8	33
	3	26	Кряжева И. В.	12	16	Ракин В. И.	1	41	Юхтанов П. П.	3	43
Гилязов А. А.	12	23	Кузнецов Д. С.	11	31	Русин А. И.	6	11		12	49
Головатая О. С.	8	38	Кузнецов С. К.	11	31	Салдин В. А.	9	8	Якупов Р. Р.	2	36
Голубев Е. А.	5	53	Кузьмин Д. В.	11	23		12	Обл.	Якушина О. А.	3	18
	11	46	Левченко Е. Н.	3	18	Селиванова Н. П.	3	43	Ячменев А. В.	11	Обл.
	11	54	Леханова Т. Л.	8	38	Семущкина Л. В.	6	28			
Голубева И. И.	8	14	Лихниченко Е. Г.	3	18	Силаев В. И.	1	18	Ответственные за выпуск		
Голубева Ю. В.	3	42	Лукин В. Ю.	11	10		5	19	Вестника-2016		
	4	17		12	31		7	10	Буравская М. Н.	1	
Горбачевич Ф. Ф.	9	32		12	53	Симакова Ю. С.	5	19	Уляшева Н. С.	2	
Гракова О. В.	2	24	Лысюк А. Ю.	1	18		9	52	Антропова Е. В.	3	
	9	16	Лютеев В. П.	1	18	Ситкевич С. А.	2	49	Ковальчук Н. С.	4	
Груздев Д. А.	1	Обл.		8	38	Скублов С. Г.	5	38	Валяева О. В.	5	
Гёмзе Л. А.	1	34	Майорова Т. П.	2	49	Смолева И. В.	5	19	Бурдельная Н. С.	6	
Даныщикова И. И.	11	15		7	54	Снигиревский С. М.	12	45	Шушков Д. А.	7	
Денева С. В.	3	43		11	58	Соболева А. А.	3	38	Сухарев А. Е.	8	
Денисова Ю. В.	12	37	Макеев А. Б.	5	38		4	41	Макеев Б. А.	9—10	
									Перовский И. А.	11	
									Инкина Н. С.	12	

Ответственный за выпуск:

Н. С. Инкина

Редакторы издательства:

О. В. Габова, К. В. Ордин (английский)

Компьютерная верстка

А. Ю. Перетягина