



Вестник



Март 2018 г., № 3 (279)

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

Содержание

Научные статьи

Оценка генерации углеводородов в казанско-татарских отложениях севера Предуральяского краевого прогиба <i>О. С. Котик</i>	3	Особенности исследований структурно-фазового состояния импактных стекол Карской астроблемы <i>С. И. Исаенко, Б. А. Макеев, Т. Г. Шумилова</i>	26
Устькодинская свита фамена восточного склона Среднего Урала: фациально-генетические реконструкции <i>О. Ю. Мельничук</i>	8	Пористость и сорбционные свойства цеолитов, синтезированных из угольной золы уноса <i>Д. А. Шушков, И. И. Шуктомова, Н. Г. Рачкова, М. Харжа</i> ..	32
Допалеозойские песчаники Полярного Урала <i>Н. Ю. Никулова</i>	17	Имена геологов в палеонтологических названиях (по материалам Геологического музея им. А. А. Чернова) <i>Л. Р. Жданова</i>	38

Хроника, события, факты

Академиада-2018: возвращение кубка.....	50	Новые поступления в фонды Геологического музея им. А. А. Чернова.....	52
К 95-летию со дня рождения А. И. Першиной (1923—1986) ..	51		

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 — 2018:

<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. Удорткина</i> , Сыктывкар, Россия
<i>В. А. Коротеев</i> , Екатеринбург, Россия	<i>М. А. Федонкин</i> , Москва, Россия



March, No. 3 (279), 2018

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

Assessment of hydrocarbon generation of kazan-tatarian deposits in the north of Pre-Ural Foredeep <i>O. S. Kotik</i>	3	The peculiarities of structural-phase state research of impact glasses from the Kara astrobleme <i>S. I. Isaenko, B. A. Makeev, T. G. Shumilova</i>	26
Fameninan Ust'kodinka Formation (the eastern slope of the Middle Urals): facial and genetic reconstructions <i>O. Yu. Melnichuk</i>	8	Porosity and sorption properties of zeolites synthesized from coal fly ash <i>D. A. Shushkov, I. I. Shuktomova, N. G. Rachkova, M. Harja</i>	32
Pre-Paleozoic sandstones of the Polar Urals <i>N. Yu. Nikulova</i>	17	Names of geologists in the fossil names (based on the materials of the Geological Museum named after A. A. Chernov) <i>L. R. Zhdanova</i>	38

Chronicle, events, facts

Academiada-2018: Cup comes back	50	New collections deposited in the A. A. Chernov Geological museum	52
Celebrating the 95 th Anniversary of A. I. Pershina (1923—1986) ...	51		

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

2018 Editorial Board:

Anna I. Antoshkina, Syktyvkar, Russia
Maarten A. T. M. Broekmans, Trondheim, Norway
Igor N. Burtsev, Syktyvkar, Russia
Dmitry A. Bushnev, Syktyvkar, Russia
Yury L. Voytekhovsky, Apatity, Russia
Alexey D. Gvishiani, Moscow, Russia
Nikolay N. Gerasimov, Syktyvkar, Russia
Irina V. Kozyreva, Syktyvkar, Russia
Marko Komac, Ljubljana, Slovenia
Rustam I. Koneev, Tashkent, Uzbekistan
Viktor A. Koroteev, Ekaterinburg, Russia

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



ОЦЕНКА ГЕНЕРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ В КАЗАНСКО-ТАТАРСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ СЕВЕРА ПРЕДУРАЛЬСКОГО КРАЕВОГО ПРОГИБА

О. С. Котик

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

procko@geo.komisc.ru

В статье рассматривается оценка возможной генерации углеводородов в казанско-татарских отложениях верхней перми севера Предуральского краевого прогиба на основании ряда параметров: содержания, типа и зрелости органического вещества. Выделены зоны различной генерационной продуктивности: низкой, средней и высокой. Приведена характеристика фазового состава углеводородов и выделены максимально перспективные области их возможной генерации. Наилучшие условия установлены в Кортаихинской впадине.

Ключевые слова: верхнепермские угленосные отложения, состав органического вещества, катагенез, генерационный потенциал.

ASSESSMENT OF HYDROCARBON GENERATION OF KAZAN-TATARIAN DEPOSITS IN THE NORTH OF PRE-URAL FOREDEEP

O. S. Kotik

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

The article presents the estimation of possible hydrocarbon generation in Upper Permian Kazan-Tatar deposits in the north of Pre-Ural Foredeep on the basis of several parameters, such as content, type and catagenesis of organic matter. Zones of low, medium and high generation potential have been established. The characteristic of the phase composition of hydrocarbons is given, and the most promising areas of their possible generation are identified. The best conditions were established in the Korotaykha basin.

Keywords: Upper Permian coal-bearing deposits, composition of organic matter, catagenesis, generation potential.

Введение

В настоящее время во многих регионах мира поиски залежей углеводородов (УВ) связаны с нетрадиционными нефтегазоматеринскими комплексами. Угленосные отложения относятся к комплексам такого рода, и их изучение в различных нефтегазоносных бассейнах проводится с позиции оценки генерации УВ [4, 6—8]. В данной работе рассматривается оценка генерационной продуктивности нефтегазоматеринских отложений угленосного комплекса верхней перми и прогноз возможного фазового состава генерируемых УВ на территории севера Предуральского краевого прогиба (Косью-Роговская впадина, юго-восток Кортаихинской, север Большесынинской впадины и гряда Чернышева) и юга Варандей-Адзвинской структурной зоны. Здесь было изучено 15 разрезов казанско-татарских отложений по скважинам Неченская-408, Суборская-236, Пыжьельская-1, СДК-542, 644, УК-2515, Пальникшорская-1, Усинокушшорская-104, Осовейская-265, Хоседаюская-257, 258 и естественным обнажениям по рр. Адзья, Неча, Бол. Сырьяга, Силоваяха. Дополнительно был проанализирован фондовый и опубликованный материал по строению разрезов, битуминологической характеристике, наличию нефтепроявлений и люминесцентной характеристике битумоидов казанско-татарских отложений.

Методы исследования

Для оценки генерационного потенциала казанско-татарских отложений использовался устоявшийся в настоящее время комплекс методов, включающий углепетрографические и геохимические методы. Углепетрографические исследования проводились для определения состава компонентов ОВ и измере-

ния отражательной способности витринита (R_o , %). Геохимические исследования включали в себя химико-битуминологические и пиролитические (Rock-Eval) методы, которые позволили определить содержание органического углерода ($C_{орг}$, %), выход хлороформного битумоида (ХБА, %), содержание свободных (S_1 , мг УВ/г породы) и связанных (S_2 , мг УВ/г породы) УВ в породе, величину водородного индекса (HI, мг УВ/г $C_{орг}$) и температуру максимального выхода УВ (T_{max} , °C).

Использование всего комплекса методов позволило охарактеризовать изменение на исследованной территории содержания и состава ОВ, степени его катагенетической зрелости и генерационного потенциала.

Содержание, состав и катагенез органического вещества

Угленосный комплекс позднепермского возраста (казанско-татарского интервала) включает в себя различные литологические типы: конгломераты, песчаники, алевролиты, аргиллиты и угли, отличающиеся по содержанию органического углерода ($C_{орг}$, %). При оценке суммарной мощности нефтегазоматеринских пород в комплексе учитывались только углисто-глинистые разности, такие как глинистые алевролиты ($C_{орг}$ 0.5—10 %), аргиллиты ($C_{орг}$ 1.2—10%), углистые аргиллиты ($C_{орг}$ 4—30 %) и угли ($C_{орг}$ 20—90 %). Мощности рассматриваемых литотипов в комплексе также различны. Прослой алевролитов в среднем меняются от 0.1 до 0.5, аргиллитов — 0.01—0.8 и углей — 0.1—30, в сумме составляя пакки мощностью до 50 м [5].

По составу органическое вещество (ОВ) является многокомпонентным, где присутствуют мацералы групп витринита, инертинита и липтинита.

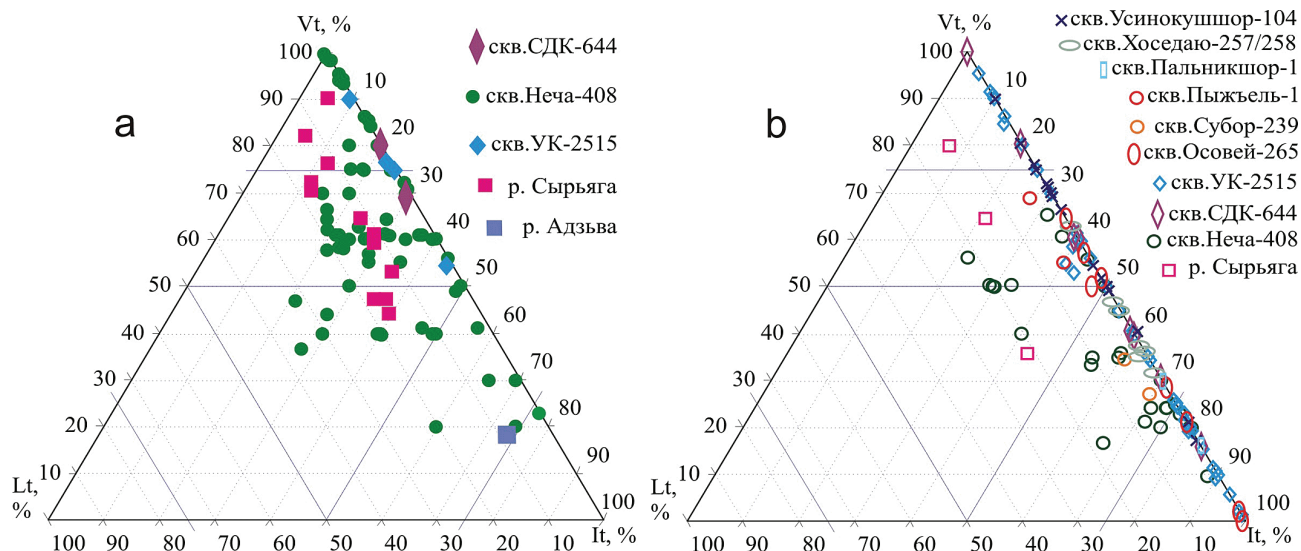


Рис. 1. Треугольная диаграмма соотношения групп микрокомпонентов: витринита (Vt), инертинита (It) и липтинита (Lt) в углях (а) и в породах (б) казанско-татарского возраста, %

Fig. 1. Triangular diagram of groups of microcomponents proportion: vitrinite (Vt), inertinite (It) and liptinite (Lt) in the coal (a) and rocks (b) Kazan-Tatarian age, %

Проведенными ранее углепетрографическими исследованиями охарактеризован средний состав ОВ казанско-татарских отложений [2]. Преобладающей группой является витринитовая, а второстепенными — инертинитовая и липтинитовая (рис. 1). Однако встречаются районы, где повышено количество (до 37 %) ОВ липтинитового типа. В целом в казанско-татарских отложениях преобладает гумусовое ОВ с липтинитовыми компонентами континентального генезиса (споринит, кутинит, резинит, липтодетринит), наиболее распространенного в породах озерно-болотных и озерно-аллювиальных фаций районов сочленения Косью-Роговской впадины с грядой Чернышева и на юго-востоке Коротаихинской впадины.

По данным проведенных ранее пиролитических исследований на обозначенной территории установлены преимущественно низкие значения показателя НІ, составляющие 30—150 мг УВ/г $C_{орг}$ [2]. Зоны развития пород с повышенными значениями НІ > 150 мг УВ/г $C_{орг}$ имеют локальное распространение в районе сочленения севера гряды Чернышева с Косью-Роговской впадиной и на юго-востоке Коротаихинской впадины (рис. 3).

В рассматриваемых толщах катагенетическая преобразованность ОВ на большей части территории не превышает градацию катагенеза $МК_1$ — $МК_2$. Изореспленды (линии равных значений) отражательной способности витринита (R_o), показанные на рис. 3, отражают латеральное изменение катагенеза на изучаемой территории. Увеличение степени зрелости ОВ происходит в северо-восточном направлении и максимально — в Коротаихинской впадине, где уровень катагенеза > $МК_3$ [2]. В этом районе в отложениях силоской свиты в ультрафиолетовом свете нами были диагностированы битумы легкого и маслянистого состава, выделившиеся из липтинитовых компонентов (рис. 2). Данный факт наглядно подтверждает возможность генерации углестым веществом не только газовых, но и нефтяных УВ.

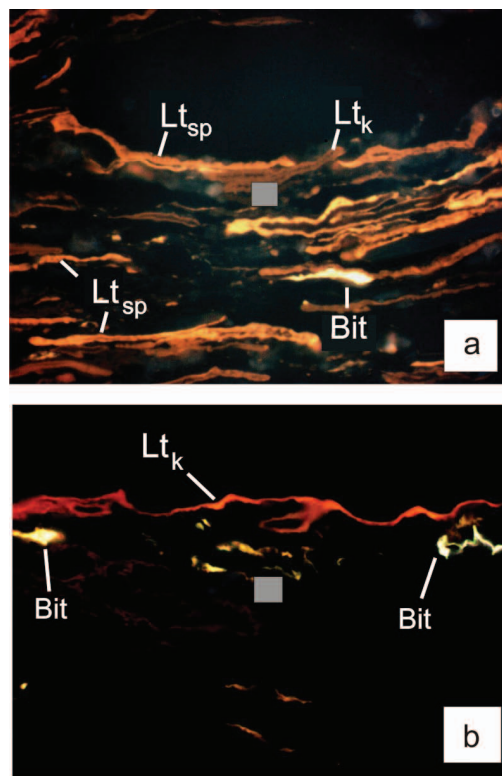


Рис.2. Микрофотографии компонентов ОВ в породах силоской свиты верхней перми:

а — обн. 121, обр. 8—2/1; **б** — обн. 124, обр. 7—4. Ультрафиолетовый свет, масляная иммерсия, ув. х50, х150, метка в центре кадра 5 x 5 мкм. Lt — группа липтинита (Ltsp — споринит, Ltk — кутинит); Bit — примазки и скопления битума.

Fig. 2. Microphotographs of OM components in the Silovsk suite of Upper Permian rocks:

a — outcrop 121, samples 8—2/1; **b** — outcrop 124, samples 7—4. UV-light, oil immersion, 50x and 150x magnification, mark in shot center 5 x 5 micron. Lt — liptinite group (Ltsp — sporinite, Ltk — cutinite); Bit — coatings and congestions of bitumen.



Оценка фазового состава УВ

Формирование скоплений УВ, тем более промышленных объемов, обусловлено рядом геохимических факторов, важнейшими из которых являются содержание ОВ, его генетический тип и степень катагенетической преобразованности. Эмиграция УВ в количестве, достаточном для формирования скоплений, возможна в нефтегазоматеринских формациях с определенным уровнем содержания $C_{орг}$. Крайнее значение содержания $C_{орг}$ в глинистых породах угленосных формаций принимается за 0,5 %, так как в толщах с более низкими концентрациями эмиграция будет невысока и формирование скоплений УВ большого объема не представляется возможным [5]. По преобладающему содержанию в породах $C_{орг}$ выделены три зоны, границы которых ограничивают районы низкой (0,5–1 %), средней (1–3 %) и высокой (> 3 %) генерационной продуктивности.

В каждой зоне в зависимости от катагенетической преобразованности ОВ были выделены области с разной генерацией УВ. Согласно стадийному преобразованию ОВ, основная генерация нефтяных УВ приходится на градации катагенеза $МК_{1-3}$ (R_o — 0,5–0,85 %), а на более высоких грациях (> $МК_3$) преобладает образование газовых УВ. Для гумусового ОВ процесс генерации нефтяных УВ смещён на градацию $МК_2$ и имеет меньшую интенсивность, в то время как газовые УВ могут генерироваться на всем протяжении катагенеза [1]. Исходя из этого, в областях, где катагенез ОВ достиг градаций мезокатагенеза $МК_{1-2}$ по границе изореспленд R_o — 0,5–0,85 %, выделяются подзоны генерации газа и автохтонных нефтяных УВ. Подзоны генерации газа и газоконденсата выделяются в областях, где катагенез ОВ в породах превышает уровень $МК_3$ (R_o > 0,85 %). В областях с низкой преобразованностью ОВ на грациях протокатагенеза, ограниченных изоресплендой 0,5 %, выделяются подзоны аллохтонных нефтепроявлений. Здесь обнаружены нефтепроявления и повышенная битумонасыщенность аллохтонного характера, так как само ОВ этого комплекса еще не могло генерировать УВ. Ниже рассмотрим характеристику выделенных зон и подзон.

В зоне низкой продуктивности (рис. 3, зона 1), характеризующейся минимальным содержанием ОВ ($C_{орг}$ < 1 %), в зависимости от степени его зрелости были выделены следующие подзоны: а — генерации газа и газоконденсата, б — газа и автохтонных нефтяных УВ, с — проявлений аллохтонных нефтей. Подзона генерации газа и газоконденсата (R_o > 0,85 %, > $МК_3$) выделяется только в районе Большесынинской впадины (рис. 3, зона 1а). В пределах Сынинской структуры, а также на Падимейском поднятии и вдоль западного борта Косью-Роговской впадины, где катагенез ОВ достиг градаций мезокатагенеза (R_o — 0,5–0,85 %, $МК_{1-2}$), выделяется подзона генерации газа и автохтонных нефтяных УВ (рис. 3, зона 1б). С зоной низкой продуктивности, где породы содержат «незрелое» ОВ, отвечающее подстадии протокатагенеза (R_o < 0,5 %), совпадает подзона аллохтонных нефтепроявлений на площадях, прилегающих с запада к гряде Чернышева, и в районе Падимейского поднятия (рис. 3, зона 1с). На Падимейской и Вашуткинской площадях в керне обнаружены нефте- и битумопроявления, служащие подтверждением возможных скоплений УВ аллохтонного характера.

явления, служащие подтверждением возможных скоплений УВ аллохтонного характера.

Зона средней продуктивности (рис. 3, зона 2) выделяется в областях распространения пород с содержанием $C_{орг}$ от 1 до 50 %, где суммарная угленосность разреза составляет < 30 м. Территориально она охватывает восточные окраины Хорейверской впадины, Варандей-Адзвинской структурной зоны, юг, север и запад Косью-Роговской впадины, а также восточную оконечность Коротаихинской впадины. В пределах зоны выделяются подзоны аналогично низкопродуктивным областям. Подзона генерации газа и газоконденсата (R_o > 0,85 %, > $МК_3$) выделяется только в пределах небольшого участка Коротаихинской впадины (рис. 3, зона 2а). Подзона генерации газа и автохтонных нефтяных УВ (R_o > 0,5 %, $МК_{1-2}$) протягивается от южной оконечности (вдоль Кочмесской и Бергантымылькской структур) до Воргашорского месторождения на севере Косью-Роговской впадины и далее переходит в Коротаихинскую впадину (рис. 3, зона 2б). Частично подтверждает генерацию УВ наличие проявлений легкого и смолистого битума в породах на Кочмесской и Коротаихинской площадях. В пределах юга Косью-Роговской впадины (Кожымский район), а также на Роговском и Ватъярском угольных месторождениях и Усинокушшорском поднятии гряды Чернышева расположены области подстадии протокатагенеза ОВ. Здесь по аналогии с другими зонами выделяется подзона аллохтонных нефтяных УВ (рис. 3, зона 2с).

Зона высокой продуктивности характеризуется максимальным содержанием ОВ в породах и, соответственно, высокой угленосностью разреза (рис. 3, зона 3), которая прослеживается вдоль гряды Чернышева, захватывает Сейдинскую площадь и западный борт Косью-Роговской впадины, а также участок юго-восточной оконечности Коротаихинской впадины, включая основные месторождения углей печорской серии (Неченское, Шарью-Заостренское, Среднеадзвинское и др.). В пределах основного участка зоны ОВ пород незрелое и находится на подстадии протокатагенеза, лишь в районе западного борта Косью-Роговской впадины ОВ вступило в зону мезокатагенеза (R_o > 0,5 %, $МК_1$). Участок с более высокой зрелостью ОВ расположен в Коротаихинской впадине. В зависимости от уровня катагенетической преобразованности ОВ пород также выделяются три подзоны. Подзона генерации газа и газоконденсата (рис. 3, зона 3а) выделяется в Коротаихинской впадине, где преобразованность ОВ достигла градаций $МК_3$ и более (R_o > 0,85 %). Подзона генерации газа и автохтонных нефтяных УВ (рис. 3, зона 3б) протягивается вдоль западного борта и Сейдинского поднятия Косью-Роговской впадины и выделяется в пределах Сырьягинской площади Коротаихинской впадины (R_o > 0,5 %, $МК_{1-2}$). Частичным подтверждением генерации жидких УВ может служить наличие «битуминита» в породах силовской свиты р. Бол. Сырьяга [3], который является вторичным микрокомпонентом группы липтинита. Его образование связано с водорослевым веществом, но проявление в породе произошло при перемещении жидкой фазы и выпадении твердых асфальтенов с последующим выделением более легких компонентов в виде ореолов вокруг вклю-

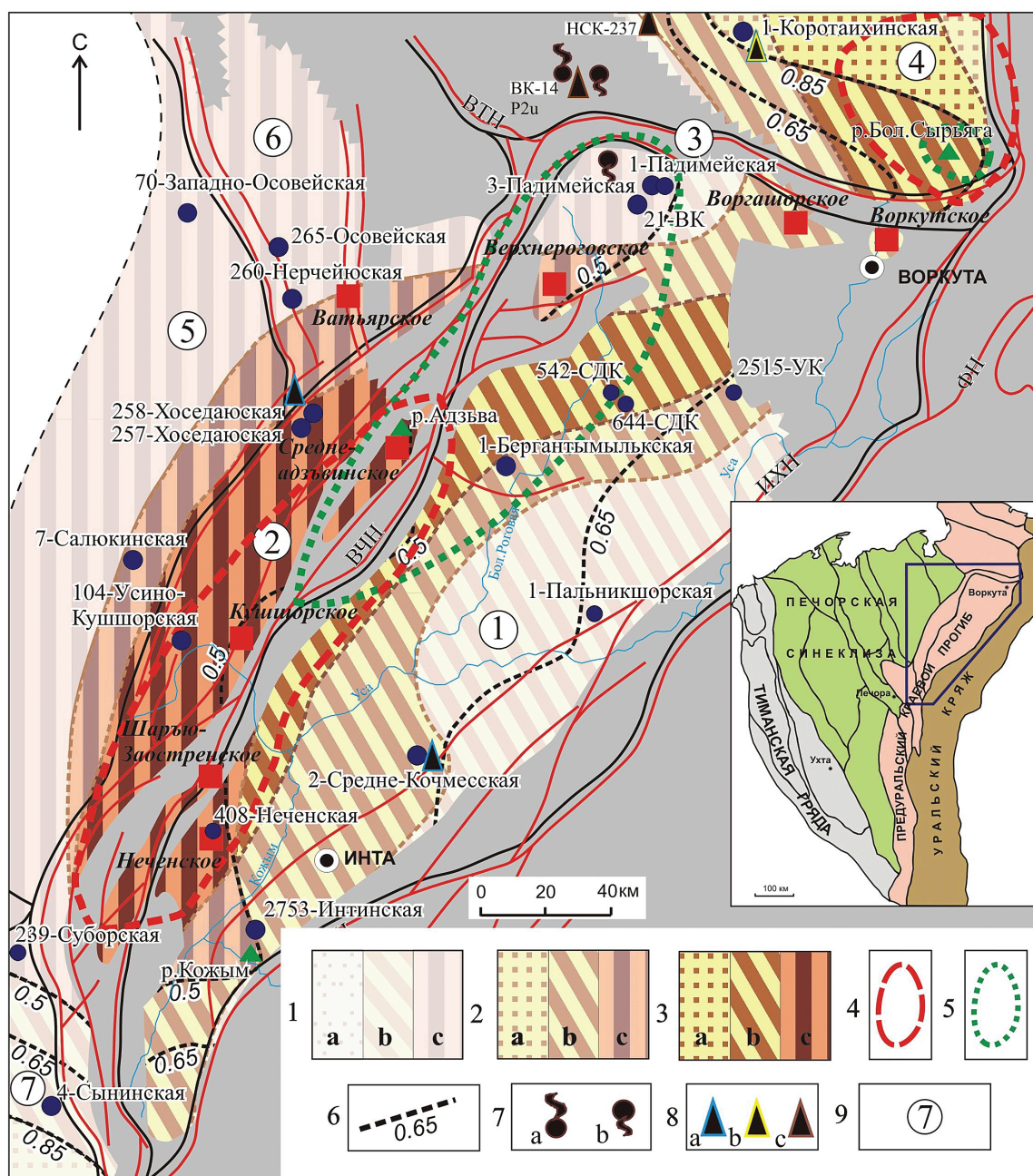


Рис. 3. Схема зон генерационной продуктивности в казанско-татарских отложениях Косью-Роговской впадины и прилегающих территорий:

1—3 — зоны генерационной продуктивности: 1 — низкой, 2 — средней, 3 — высокой; подзоны УВ различного фазового состава: а — генерации газа и газоконденсата, б — газа и автохтонных нефтяных УВ; с — аллохтонных нефтяных УВ; 4 — контур повышенных содержаний липтинита; 5 — контур повышенных значений водородного индекса (HI); 6 — изореспленды R_0 ; 7 — притоки и нефтепроявления: а — притоки тяжелой нефти, б — проявления тяжелой нефти по керну; 8 — проявления по керну: а — легкого битума, б — смолистого битума, с — тяжелого битума; 9 — тектонические элементы (1 — Косью-Роговская впадина, 2 — гряда Чернышева, 3 — гряда Чернова, 4 — Коротаихинская впадина, 5 — Хорейверская впадина, 6 — Варандей-Адзвинская структурная зона, 7 — Большесынинская впадина)

Fig. 3. The schematic map of the zones of generation productivity in Kazan-Tatar deposits of Kosyu-Rogov depression & adjoined territory.

1—3 — zones of generation productivity: 1 — low, 2 — middle, 3 — high; subzone of different phase composition of hydrocarbons: а — gas and gas condensate generation, б — gas and autochthonous oil hydrocarbons; с — allochthonous oil hydrocarbons; 4 — high content of liptinite; 5 — high values of hydrogen index (HI); 6 — isoresplands R_0 ; 7 — inflows and oil: а — inflows heavy oil, б — crevice heavy oil; 8 — core manifestations: а — light bitumen, б — resinous tarry bitumen, с — heavy bitumen; 9 — tectonic elements (1 — Kosyu-Rogov depression, 2 — Chernyshev ridge, 3 — Chernov ridge, 4 — Korotaikha depression, 5 — Khoreyver depression, 6 — Varandey-Adzva structural zone, 7 — Bolshesynya depression)



чений. Основная часть зоны высокой генерационной продуктивности совпадает с областью распространения незрелого ОВ, где выделяется подзона аллохтонных нефтепроявлений. Основная часть этой подзоны расположена в пределах гряды Чернышева и в районе Неченского месторождения Косью-Роговской впадины (рис. 3, зона 3с).

Во всех выделенных зонах в казанско-татарских отложениях обнаружены различного масштаба нефтепроявления, по своему УВ-составу заведомо аллохтонного характера [5]. Аллохтонные нефтепроявления связаны с пермскими толщами, преимущественно там, где ОВ не вышло из зоны протокатагенеза и источником УВ служили нефтематеринские породы нижележащих комплексов.

Заключение

Проведенные исследования позволили провести оценку генерационной продуктивности казанско-татарских отложений и дать характеристику возможного фазового состава УВ. На территории гряды Чернышева, несмотря на повышенные концентрации $C_{орг}$ и относительно высокие содержания липтинита (до 37 %) в составе ОВ, могут быть выявлены залежи УВ только аллохтонного характера, так как ОВ пород является катагенетически не преобразованным. Казанско-татарские отложения прилегающих к гряде территорий Хорейверской впадины, Варандей-Адзвинской структурной зоны и северо-востока Косью-Роговской впадины также содержат незрелое ОВ.

Благоприятные факторы для генерации УВ в казанско-татарских отложениях, обусловленные повышенной угленосностью разреза и содержаниями $C_{орг}$, катагенетической преобразованностью ОВ градаций выше МК₁₋₂, установлены только на западном борту и северо-востоке Косью-Роговской впадины и юго-восточной части Коротаихинской впадины. Однако наилучшими условиями характеризуется территория Коротаихинской впадины, где наряду с высоким содержанием ОВ и наличием в его составе липтинитовых компонентов до 20 % ОВ достигло высокой степени зрелости (МК₂₋₃ и выше) и наиболее реализовало свой УВ-потенциал. Эти и прилегающие с севера районы представляются нам наиболее перспективными для положительной оценки возможной сингенетичной генерации как газовых, так и нефтяных УВ.

Аналитические исследования проводились во ВНИГНИ (Rock-Eval), МГУ им. М. В. Ломоносова (R_o) и Институте геологии Коми НЦ УрО РАН (ЦКП «Геонаука»).

Исследования выполнены при частичной поддержке гранта РФФИ № 16-35-00278 мол_а.

Литература

1. Баженова О. К., Бурлин Ю. К., Соколов Б. А., Хаин В. Е. Геология и геохимия нефти и газа: Учебник. М.: МГУ, 2004. 415 с.
2. Котик О. С. Органическое вещество, катагенетическая преобразованность и генерационный потенциал казанско-татарских отложений севера Предуральяского прогиба // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2016. № 11. С. 3—9.
3. Котик О. С., Котик И. С., Каргиева Т. Г. Пермские отложения юго-востока Коротаихинской впадины: углепе-

трография, геохимия и нефтегазогенерационный потенциал // Геология нефти и газа. 2017. № 4. С. 91—102.

4. Обласов Н. В. Геохимия углистого органического вещества и его роль в формировании месторождений нефти и газа на территории Томской области: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Томск, 2010. 20 с.

5. Органическая геохимия и нефтегазоносность пермских отложений севера Предуральяского прогиба / Л. А. Анищенко, С. С. Клименко, Н. Н. Рябинкина и др. СПб.: Наука, 2004. 214 с.

6. Farhaduzzaman Md., Abdullah W. H., Islam Md. A. Depositional environment and hydrocarbon source potential of the Permian Gondwana coals from the Barapukuria Basin, Northwest Bangladesh // International Journal of Coal Geology, 2012, Vol. 90—91, pp. 162—179.

7. Semkiwa P., Kalkreuth W., Utting J., Mpanju F., Hagemann H. The geology, petrology, palynology and geochemistry of Permian coal basins in Tanzania: 2. Songwe-Kiwira Coalfield // International Journal of Coal Geology, 2003, № 55, pp. 157—186.

8. Wilkins R. W. T., George S. C. Coal as a source rock for oil: a review // International Journal of Coal Geology, 2002, Vol. 50, pp. 317—361.

References

1. Bazhenova O. K., Burlin Yu. K., Sokolov B. A., Khain V. E. *Geologiya i geokhimiya nefiti i gaza: Uchebnik* (Petroleum geology and geochemistry). Moscow: MGU, 2004, 415 p.
2. Kotik O. S. *Organicheskoye veshchestvo, katageneticheskaya preobrazovannost' i generatsionnyy potentsial kazansko-tatarskikh otlozheniy severa Predural'skogo progiba* (Organic matter, catagenesis transformation and generation potential of kazansko-tatarian deposits in the north of Pre-Ural Foredeep). Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS, 2016, No. 11 (263), pp. 3—9.
3. Kotik O. S., Kotik I. S., Kargieva T. G. *Permские otlozheniya jugo-vostoka Korotaihinskoy vpadiny: uglepetrografiya, geokhimiya i neftegazogeneratsionnyy potentsial* (Permian deposits of the South-East of Korotaikhinskaya depression: coal petrography, geochemistry and oil and gas generation potential). Oil and gas geology, 2017, No.4. pp. 91—102.
4. Oblassov N. V. *Geokhimiya uglistogo organicheskogo veshchestva i yego rol v formirovaniy mestorozhdeniy nefiti i gaza na territorii Tomskoy oblasti* (Geochemistry of coal organic matter and its role in formation of oil and gas fields in Tomsk region.). PhD thesis, Tomsk, 2010, 20 p.
5. *Organicheskaya geokhimiya i neftegazonosnost permских otlozheniy severa Predural'skogo progiba* (Organic geochemistry and hydrocarbon potential of the Permian deposits of the North Pre-Ural Foredeep). L. A. Anishchenko, S. S. Klimenko, N. N. Ryabinkina et al. Saint-Petersburg: Science, 2004, 214 p.
6. Farhaduzzaman Md., Abdullah W. H., Islam Md. A. Depositional environment and hydrocarbon source potential of the Permian Gondwana coals from the Barapukuria Basin, Northwest Bangladesh. International Journal of Coal Geology, 2012, V. 90—91, pp. 162—179.
7. Semkiwa P., Kalkreuth W., Utting J., Mpanju F., Hagemann H. The geology, petrology, palynology and geochemistry of Permian coal basins in Tanzania: 2. Songwe-Kiwira Coalfield. International Journal of Coal Geology, 2003, No. 55, pp. 157—186.
8. Wilkins R. W. T., George S. C. Coal as a source rock for oil: a review. International Journal of Coal Geology, 2002, V. 50, pp. 317—361.



УСТЬКОДИНСКАЯ СВИТА ФАМЕНА ВОСТОЧНОГО СКЛОНА СРЕДНЕГО УРАЛА: ФАЦИАЛЬНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ

О. Ю. Мельничук

Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург
o.u.melnichuk@gmail.com

Условия образования верхнедевонской устькодинской свиты различными авторами представляются по-разному, что в существенной степени влияет на понимание палеогеографической и палеотектонической ситуации в конце девона на востоке Среднего Урала. Для уточнения этих реконструкций в работе приведены данные о вещественном составе пород, выделены литотипы и слоевые ассоциации в соответствии с моделью осадконакопления П. Дж. Таллинга с соавторами для отложений подводных плотностных потоков, проанализирована цикличность и рассмотрены особенности фациального состава. Предполагается, что формирование парагенезов литотипов происходило в условиях проксимальной и средней частей глубоководного конуса выноса, в обстановках каналов и намывных валов. Источником обломочного материала служил микроконтинент.

Ключевые слова: генетические типы, слоевые ассоциации, турбидиты, дебриты, циклиты, верхний девон, Средний Урал, устькодинская свита.

FAMENINAN UST'KODINKA FORMATION (THE EASTERN SLOPE OF THE MIDDLE URALS): FACIAL AND GENETIC RECONSTRUCTIONS

O. Yu. Melnichuk

Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Ekaterinburg

The various authors dispute deposition conditions of the Upper Devonian Ust'kodinka Formation, which significantly influences the understanding of the paleogeographical and paleotectonic situation at the end of Devonian stage in the east of the Middle Urals. To clarify these reconstructions, the description of rocks composition, the specific features of facies, and the deposit cyclicity are considered for the Ust'kodinka Formation sections. A number of facies and facies associations are recognized in accord to the subaqueous sediment density flows model after P. J. Talling with coauthors. Facies associations are interpreted to be deposited within deep-water upper and middle fan including channels and levees. The clastic material seem to be derived from a microcontinent.

Keywords: genetic rock types, facies associations, turbidites, debrites, cyclicity, Upper Devonian, Middle Urals, Ust'kodinka Formation.

Введение

Устькодинская свита¹ обнажается на левобережье р. Исеть западнее г. Каменск-Уральский (в карьере на окраине д. Кодинка, в Кодинском логу, а также выше с. Щербаково) и севернее — в долине р. Каменка (ниже д. Черемхово). Свита сложена песчаниками, аргиллитами и алевролитами с редкими пластами конгломератов, гравелитов и карбонатных пород [1]. Стратотип её располагался на левом берегу Кодинского лога, севернее д. Кодинка, однако в настоящее время он не сохранился и представляет собой только редкие гравиты и высыпки песчаников и аргиллитов. По находкам комплекса брахиопод с *Plicatifera cf. mugodjarica* Nach., *Yunnanellina cf. mugodjarica* Rozm., *Pseudoleiorhynchus cf. uralicus* (Nal.), *Cyrtospirifer calcaratus* (Sow.), *C. postarchiaci* Nal., *Cyrtopsis murchisonianus* (de Koninck in Gosselet) рассматриваемые породы были отнесены Н. А. Наседкиной и Г. Г. Зенковой к фаменскому ярусу верхнего девона (см. [10] и врезку на рис. 1). Авторы выделили в составе упомянутого разреза шамейский (пачки V–VI), чепчуговский (VII–VIII) и условно — хвощевский (IX) горизонты. Мощность свиты, по разным оценкам [2, 10], составляет от 600 до 1000 м. Контакты с подстилающей кодинской свитой и с вышележащими каменноугольными отложениями — тектонические либо не обнажены.

Генезис рассматриваемых отложений считается глубоководным [13, 14] или относительно мелководным [2], однако никаких фациально-генетических реконструкций в пользу этих предположений не приводится. Предлагаемая статья является попыткой восполнить пробел в этой области.

Материал и методы исследования

В основу работы положены результаты изучения двух обнажений устькодинской свиты — на левом берегу р. Исеть выше по течению от с. Щербаково (1 на рис. 1) и в стенке карьера на окраине д. Кодинка² (2 на рис. 1). В настоящее время именно они являются наиболее представительными, наиболее полно сохранившимися. Видимая мощность каждого из детально изученных интервалов разреза составляет порядка 70 м.

Разрез выше с. Щербаково представляет собой чередование блоков устькодинской свиты и верхней глинистой кодинской толщи. Блоки разделены зонами нарушенного залегания пород и задернованными участками. Стратиграфическая приуроченность устькодинской части Щербаковского разреза не совсем ясна, так как органические остатки практически отсутствуют. Предполагается, однако, что здесь вскрыта

¹ Впервые описана Г. А. Смирновым с соавторами [15] в качестве аналога южноуральской зилаирской свиты.

² Примерные координаты разрезов: выше с. Щербаково — 56°25'29.40" N, 61°42'29.65" E; у д. Кодинка — 56°26'24.60" N, 61°46'56.95" E.

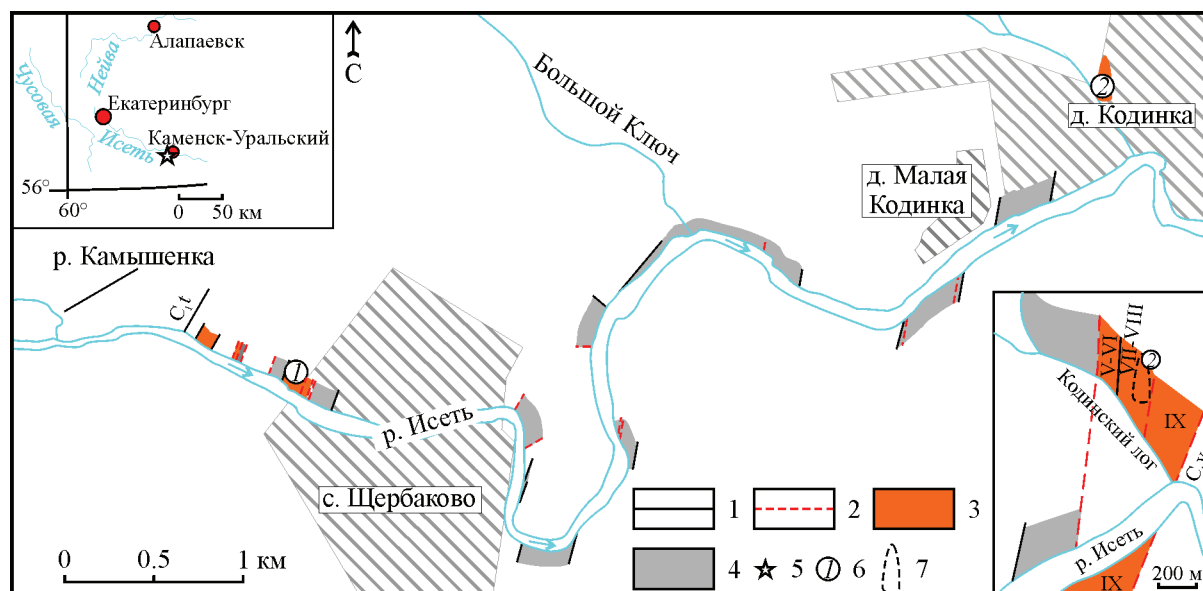


Рис. 1. Географическое положение изученных разрезов устькодинской свиты в долине р. Исеть: 1 — границы разрезов; 2 — тектонические нарушения; 3—4 — обнажения: 3 — устькодинской и 4 — кодинской свиты; 5 — местоположение разреза на р. Исеть, 6 — изученные разрезы, 7 — контуры карьера в д. Кодинка. На врезке в нижней правой части приведено строение стратотипа по данным В. А. Наседкиной и Г. Г. Зенковой [10]. Также см. пояснения в тексте

Fig. 1. Disposition of the Ust'kodinka Formation sections in the Iset' river valley: 1 — section boundaries; 2 — tectonic dislocations; 3—4 — sections: 3 — Ust'kodinka and 4 — Kodinka Formation; 5 — location of the Iset' section, 6 — studied sections, 7 — Kodinka open pit edges. In the lower right part (insert map) Kodinka Formation stratotype is shown, after V. A. Nasedkina and G. G. Zenkova [10]. Also see explanation in the text

самая нижняя часть свиты, относящаяся к шамейскому горизонту (?) фаменского яруса [18]. Разрез венчает нижнекаменноугольная (турнейская) бекленищевская свита. Контакт между ними не обнажен.

В стратотипическом разрезе устькодинской свиты (в Кодинском логу) Н. А. Наседкиной и Г. Г. Зенковой [10] к шамейскому горизонту отнесены пачки V и VI суммарной мощностью 84 м, представляющие переслаивающимися мелкозернистыми песчаниками и алевролитами³ (мощности слоев от 0.2 до 1.3 м) с редкими линзовидными прослоями и линзами гравелитов (до 1 см), известняковых песчаников (до 0.5 м) с остатками брахиопод. В VII пачке (52 м), к которой относится и разрез в стенке карьера, по их данным, увеличивается мощность пластов песчаников и алевролитов (до 5 м), становятся значительно мощнее (3—5 м) линзовидные пласты гравелитов и среднегалечных конгломератов. VIII пачка (230 м) сложена алевролитами, чередующимися с песчаниками (до 20 см) и линзами мелко- и среднегалечных конгломератов. Завершает стратотип устькодинской свиты IX пачка (до 300 м), в которой преобладают конгломераты различной размерности — от крупно- до мелкогалечных. Среди них залегают алевролиты, песчаники (от мелко- до грубозернистых), слагающие прослои и линзы мощностью от 0.3 до 3 м. Контакт IX пачки с ниже- и вышележащими (визейскими) отложениями тектонический.

При полевых исследованиях и дальнейшем анализе нами использованы такие понятия, как *литотип*, *слоевая ассоциация* (СА), *фация* и *генетический тип*. Под **ЛИТОТИПОМ** мы, вслед за В. Т. Фроловым

[17], понимаем типичный слой (пласт) или устойчивый комплекс первичных литологических (литогенетических) признаков, свидетельствующих о способе образования и условиях формирования. Выделение литотипов служит основой для последующего фациально-генетического анализа, ввиду этого они должны обладать максимально полным комплексом признаков. Для этого нами также приведены результаты рентгенофлуоресцентного и термического анализа глинистых пород (12 точек отбора), изучения шлифов алевролитов, песчаников и гравелитов (20 точек отбора). Образцы отобраны таким образом, чтобы по возможности наиболее полно охарактеризовать оба разреза. Аналитические исследования выполнены в ЦКП “Геоаналитик” ИГГ УрО РАН [6].

Слоевые ассоциации (системы или серии литотипов) выделены в соответствии с моделью седиментации П. Дж. Таллинга с соавторами [23], предложенной ими для отложений подводных плотностных потоков (*subaqueous sediment density flows*) — турбидитов (Т) и дебритов (D). Так, для турбидитов полная слоевая последовательность (или идеализированная СА) выглядит следующим образом. В её основании выделяется литотип Т_{В-3} — переслаивание тонкозернистых и относительно грубых (средне-, крупно- и грубозернистых) песчаников (spaced planar laminated sand). Выше залегают массивные песчаники (Т_А), которые, в свою очередь, перекрываются горизонтально-слоистым (толщина слоев менее 1—5 мм) интервалом Т_{В-2}. Последние два интервала могут вмещать отдельные прослои, обогащенные литокластами. Кроме того, у них можно наблюдать уменьшение размерности от подошвы к кровле. Указанные литотипы сменяются интервалами Т_{В-1}, Т_С и Т_Д, как правило менее мощными, чем предыдущие, и сложены тонкозернистыми песчаниками и крупнозернистыми алевролитами.

³ Вполне вероятно, что в качестве алевролитов упомянутыми авторами описаны также и аргиллиты, вне зависимости от количества примеси алевролитового материала.

При этом T_{B-1} и T_D — тонкослоистые, а T_C — с косой, косоволнистой слоистостью. Последовательность завершает глинистый элемент T_E , который может быть разделен на три литотипа: T_{E-1} (горизонтально слоистый), T_{E-2} (с градиционной сортировкой), T_{E-3} (неяснослоистый, внешне однородный).

Интервалы T_{B-3} , T_A сопоставимы с интервалами S_2 и S_3 слоевой последовательности Р. Лоуи [21], литотипы интервала T_E — с таковыми последовательности П. Дж. В. Пайпера (1978). Модели T_A - и T_C -седиментации Боума (1962) в целом равнозначны с T_A и T_C рассматриваемой последовательности, T_B — совокупности T_{B-1} и T_{B-2} , а T_D в зависимости от состава аналогичен либо T_D , либо T_{E-1} .

Среди дебритов П. Дж. Таллинг с соавторами выделяет литотипы D_{M-1} , D_{M-2} , D_{CS} . При этом D_{M-1} и D_{M-2} представляют собой сильноглинистую песчаную массу. Кроме того, D_{M-2} отличается большей мощностью и наличием многочисленных литокластов. Литотип D_{CS} похож на T_A , однако имеет ряд отличительных особенностей. В частности, помимо массивной, он имеет пятнистую (*patchy*) текстуру, литокласты в нём, как правило, не слагают отдельные уровни, практически не встречается градиционная сортировка материала. Литотипы группы D участвуют в различных СА, например, $T_A - T_{B-2} - D_{M-1} - T_E$, $D_{CS} - T_C - T_D - T_E$, $D_{M-2} - T_C - T_D - T_E$ и т. д.

Слоевые ассоциации во многих осадочных толщах образуют относительно закономерные сочетания, известные под названием циклитов (Ю. Н. Карогодин, И. А. Вылцан, С. И. Романовский, С. Л. Афанасьев, Г. А. Мизенс и др.). В зависимости от уровня взаимоотношений литотипов выделяются циклиты разных порядков — начиная от наиболее простых ассоциаций, которые чаще всего называют циклитами 1-го порядка, или элементарными. Как правило, они состоят из двух-трёх литотипов. Элементарные циклиты (ЭЦ), в свою очередь, слагают серии, в которых одно или несколько свойств ЭЦ закономерно и непрерывно изменяется. Подобные серии являются циклитами 2-го порядка, которые по аналогичному принципу формируют циклиты 3-го порядка. Направленность изменения структуры циклитов используется для выделения структурных типов (проциклиты, рециклиты, про-рециклиты и ре-проциклиты), по Ю. Н. Карогодину [3].

Под **фацией** мы, вслед за авторами [12], с небольшими изменениями, понимаем условия осадконакопления определенного геологического времени (как физико-химические, так и географические), которые находят свое выражение в литотипе (либо СА) и отличны от таковых в смежных областях. В настоящей работе процедура фациального анализа заключается в расшифровке условий формирования путем анализа характеристик и изменчивости литотипов [17] по вертикали, так как горизонтальная изменчивость в рассматриваемых разрезах устькодинской свиты доступна наблюдению в очень небольших масштабах. При восстановлении генезиса отложений мы используем термин «генетический тип» (**генотип**), под которым подразумеваем отложения (литотипы и их ассоциации), возникшие в результате экзогенного геологического процесса определенного типа, то есть порожденные тем или иным доминирующим способом (по [17], с некоторыми дополнениями и изменениями).

Яркими примерами генотипов являются турбидиты и дебриты. В качестве модели глубоководного конуса выноса использована модель Р. Г. Уокера [24] с поправками в распределении генотипов [20, 22].

На основе полученных характеристик двух разрезов устькодинской свиты предложена модель формирования слагающих ее отложений, в том числе выделены фации, на основании вещественного состава высказано предположение об источнике сноса.

Краткая характеристика вещественного состава отложений

В составе **глинистых пород** устькодинской свиты преобладают слюдястые минералы (в основном гидрослюда), либо слюдястые минералы в совокупности со смешаннослойными образованиями ряда гидрослюда — монтмориллонита [6]. В небольшом количестве (8–16 мас. % — по данным рентгеноструктурного анализа) присутствуют минералы группы хлорита, в основном железисто-магнезиальные разновидности. В единичных образцах содержится каолинит, но его крайне мало (до 2 мас. %). Повсеместно присутствует гётит. Небольшое содержание (2–6 мас. %) последнего, вероятно, свидетельствует о том, что породы подверглись слабому современному выветриванию. Кроме того, в аргиллитах диагностировано значительное количество (до 25–45 мас. %) кварца и альбита, как правило слагающих алевритовую примесь. Следовательно, часть изученных образцов является глинистыми **алевролитами**. Карбонатные минералы в них практически отсутствуют. Только **мергели** СА5 содержат микрозернистый кальцит (до 40–45 % от площади шлифа).

Песчаники по петрографическому составу отвечают петрокластическим полевошпатовым и кварц-полевошпатовым грауваккам (по классификации В. Д. Шутова, 1967). Содержание обломков кварца в них составляет порядка 5–20 % от суммы главных аллотигенных компонентов, полевых шпатов (преимущественно средних и кислых плагиоклазов) — от 25 до 35 %, обломков пород (ОП) — до 70 %. Среди последних преобладают магматические породы: кислые, основные и средние вулканы, намного реже встречаются полнокристаллические разновидности, а также серпентиниты и хлоритизированные обломки вулканического стекла (?). Обломки метаморфических и осадочных образований составляют не более 10 % от общего количества ОП. В основном это кварциты, микрокварциты, встречаются слюдяные сланцы, аргиллиты. Обломков кремней не более 5 %. Сортировка аллотигенных компонентов плохая и средняя, в основном они достаточно плотно сгружены, сцементированы гидрослюдами и хлоритом. Местами в обоих разрезах и независимо от фациальной принадлежности встречаются песчаники с карбонатным цементом, содержание которого достигает 40–50 % от площади шлифа, иногда более (песчаные **известняки** СА3). Редко (в Щербаковском разрезе) песчаные породы ожелезнены, гётит слагает плёнки вокруг зёрен и vyplняет межзерновое пространство.

В тесной ассоциации с песчаниками находятся **крупнозернистые алевролиты** (особенно в СА1) и **грауваксы** (СА4). Первые отличаются от песчаников зна-



чительным преобладанием полевых шпатов и зёрен кварца над обломками пород, несколько лучшей сортировкой аллотигенных компонентов, более широким распространением чешуек слюд (нередко совместно с растительными остатками подчеркивают слоистость) и глинистого (в основном хлоритового?) цемента. Для гравелитов набор обломков пород схож с таковым в песчаных породах. Как правило, межзерновое пространство у них заполнено глинистым и мелко- либо среднеспесчаным матриксом. Степень сортировки обломков в основном плохая.

Детальное изучение **конгломератов** нами не проводилось, в связи с чем использованы данные из сводки Л. В. Анфимова и Е. В. Силантьева [1]. Указанные авторы отмечают, что конгломераты устькодинской свиты являются полимиктовыми, среди галек преобладают эффузивы кислого и среднего состава, всегда присутствуют кремнёвые породы. Наряду с ними в конгломератах встречаются гальки кварцитов. Матрикс глинисто-песчаный, песчаный и песчано-глинистый.

Слоевые ассоциации

Слоевая ассоциация СА1. Характеризуется наличием интервалов (литотипов) последовательности П. Дж. Таллинга [23]. По взаимоотношению песчаных и глинистых элементов, а также по преобладающей размерности первых в разрезе можно выделить 4 типа СА1. Наиболее полным из них является первый тип этой ассоциации (СА1.1), представляющий собой в разрезе проциклиты 1-го порядка (рис. 2), которые начинаются с грубо-, крупно- и среднезернистых песчаников, массивных либо с градиционной сортировкой материала (интервал T_A , от 15–30 до 70–80 см). На нижней пластовой поверхности у них, как правило, видны гиероглифы (рис. 2, с) — слепки промоин и борозд. Иногда в нижней части пластов наблюдается также примесь галек гравийной размерности, могут присутствовать и литокласты аргиллитов толщиной от 5 до 40 см, в длину до 50 и более сантиметров (рис. 2, б). Далее массивные песчаники сменяются горизонтально-слоистыми разностями (интервал T_{B-2} мощностью от 5–10 до 60 см). Соотношение мощностей интервалов T_A/T_{B-2} может изменяться от 2/1 до 2/3–1/2. Затем, как правило, можно наблюдать резкое изменение зернистости (*grain-size break*) — интервал T_{B-2} перекрывают тонкозернистые песчаные породы и алевролиты с тонкой горизонтальной (интервалы T_{B-1} и T_D — рис. 2, а), косой и волнистой слоистостью (T_C). В интервале T_C видна рябь течения, редко — восходящая рябь. Мощность каждого из этих интервалов не превышает 10 см (как правило, 2–5 см). Выше залегают переслаивающиеся песчаники и алевроитовые аргиллиты (до 1.5 м). В их основании выделяется маломощный (10–20 см) интервал T_{E-1} , представленный в разрезе аргиллитами с горизонтальной слоистостью, подчеркнутой тонкими слойками алевроитового материала. Интервалы T_{E-2} (аргиллиты и мелкозернистые алевролиты с градиционной сортировкой материала) и T_{E-3} (несортированные глинистые отложения) отсутствуют, либо невыразительны. Завершают разрез циклита хорошо отмученные аргиллиты, слагающие слойки толщиной от первых миллиметров до

2–3 см. Нередко в них можно обнаружить ихнофоссилии — горизонтальные, в том числе разветвляющиеся, ходы илоедов, выполненные мелкопесчаным материалом. Стенки ходов отчетливо видны, они более темные, чем вмещающая порода.

Второй, третий и четвертый типы СА1 отличаются отсутствием некоторых интервалов последовательности П. Дж. Таллинга с соавторами. Так, в СА1.2 и СА1.4 отсутствуют интервалы T_C , T_D и, как правило, T_{B-1} . Вероятно, это как-то связано с тем, что песчаники в них более тонкие, чем в СА1.1 — от крупно- и средне- (чаще) до тонкозернистых. В СА1.3 присутствует только интервал T_A — однородные песчаники сразу перекрываются аргиллитами. Мощность элемента T_A и аргиллитов СА1.3 в Щербаковском разрезе составляет 5–10 см и 1–2 см, в Кодинском — до 1 м и 5–10 см соответственно.

СА1.4 является наиболее глинистым подтипом СА1. Он слагает ЭЦ с соотношением аргиллит/песчаник до 2/1 и более. В их основании выделяется интервал T_A и/или T_{B-2} , над ним могут залежать песчаники интервала T_{B-1} . Зернистость песчаных пород интервалов T_A и T_{B-2} в них тоньше, а мощность меньше, чем в СА1.1 и СА1.2, и составляет от 5 до 15 см. Иногда эти интервалы в СА редуцированы. Выше залегают аргиллиты и алевролиты с маломощными (до 5 см) пластами тонко-, мелко-, редко среднезернистых песчаников. В средней части одного из ЭЦ СА1.4 обнажается песчаная глыба ($1.5 \times 2.5 \times 1$ м, рис. 2, d). Слои непосредственно под ней несколько смяты, по латерали залегают нормально.

Для СА1.1 и СА1.2 характерно наличие углефицированного растительного детрита (РД), тонкого и длинного (до 10 см). В четвертом подтипе РД меньше и он мельче, чем в первых двух. Мощность ЭЦ СА1.1 и СА1.2 изменяется от 1.5 до 2–2.5 м, СА1.4 — от 0.6 до 1–2, редко 3–3.5 м.

Слоевая ассоциация СА2 представлена конгломератами (пласты 15–20 см), а также крупно- и грубозернистыми песчаниками. Конгломераты с песчаным матриксом, с удлиненными (до 4–5 см длиной) и хорошо окатанными, хорошо сгруженными гальками. Породы слагают ЭЦ мощностью 40–50 см, которые, в свою очередь, выделяются в пачку (проциклит 2-го порядка) мощностью 2 м (рис. 3). Прослои аргиллитов для таких циклитов не характерны, они встречаются редко.

Слоевая ассоциация СА3. Аргиллиты с маломощными прослоями мелко- и тонкозернистых песчаных пород (до 5–10 см) и песчаных известняков (3–5 см) с многочисленными раковинами аммонойд и створками раковин брахиопод. Раковины неравномерно рассеяны и в аргиллитах. Степень сохранности органических остатков в основном плохая. Породы этой СА слагают циклит 2-го порядка мощностью 3 м и совместно с СА2 формируют проциклит 3-го порядка.

Слоевая ассоциация СА4. Чередование крупно- и грубозернистых плохо сортированных песчаных пород с неравномерной примесью гравийных зёрен и галек (до 3 см), плохо сгруженных гравелитов и аргиллитов с прослоями грубозернистых песчаников. Песчаники и гравелиты слагают самостоятельные пласты (в том числе выклинивающиеся) мощностью

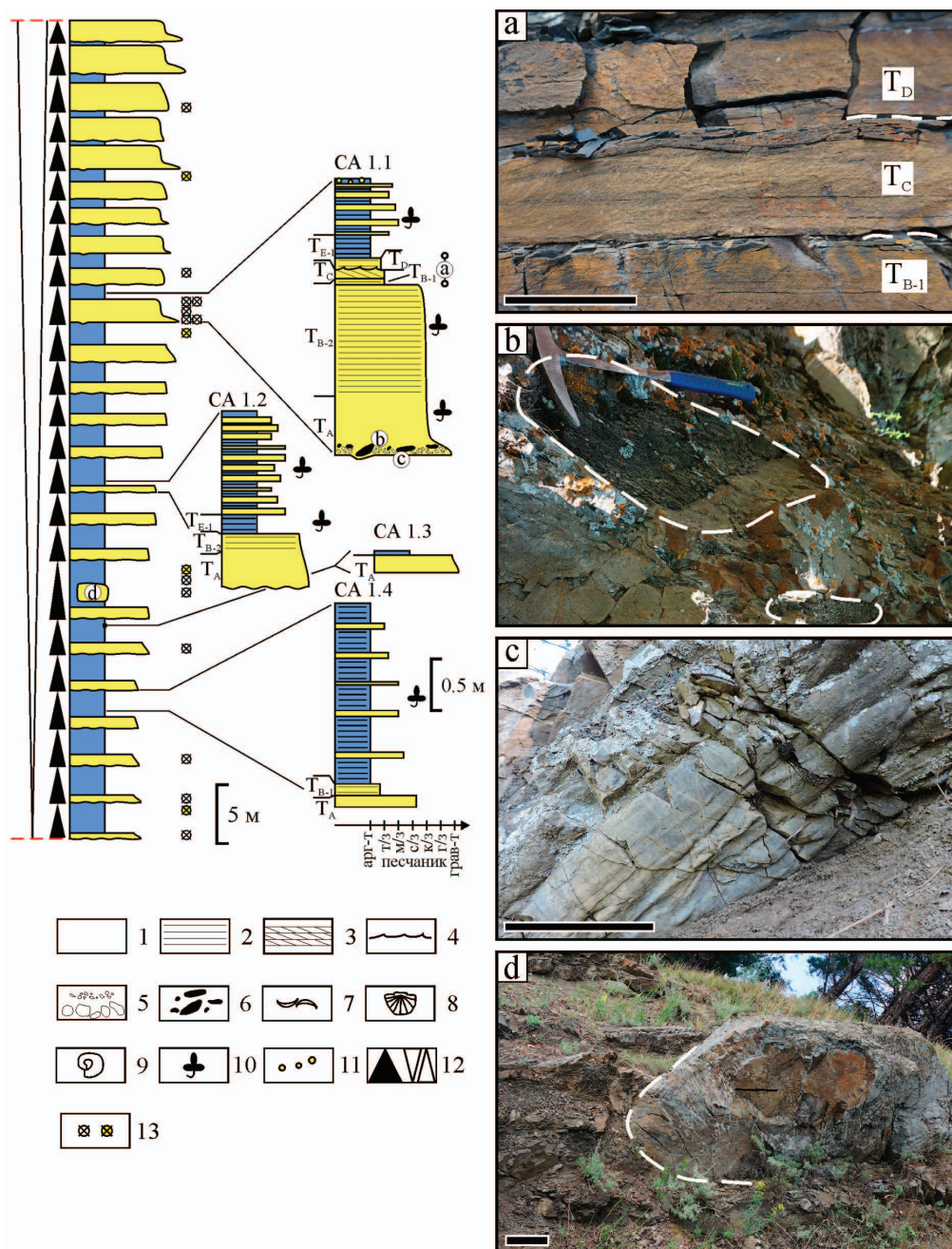


Рис. 2. Слоевые ассоциации (СА), выделяемые в разрезе выше с. Щербаково, и некоторые их особенности: а – интервалы T_{B-1} , T_C и T_D в составе СА1; б – крупные глинистые литокласты в интервале T_A ; в – язычковые гиероглифы и отпечатки царапин на подошве слоя в интервале T_A ; д – песчаная глыба, залегающая среди аргиллитов. Условные обозначения к седиментологическим колонкам: 1–4 – текстуры: 1 – однородная, 2 – горизонтально-слоистая, 3 – косослоистая, 4 – рябь течения; 5–6 – литокласты: 5 – гравийной (сверху) и галечной (внизу) размерности, 6 – аргиллита; 7 – прослой ракушняка; 8–10 – органические остатки: 8 – брахиоподы, 9 – головоногие моллюски, 10 – растительный детрит (РД); 11 – ходы илоедов; 12 – циклиты: слева – 2-го, справа – 3-го порядка (слева – рециклит, справа – проциклит); 13 – места отбора образцов (слева – на шлиф, справа – на рентгеноструктурный и термический анализ). Длина линейки 5 см (а), 20 см (с и d). Длина рукоятки молотка 40 см, рабочей части – 18 см. Также см. пояснения в тексте

Fig. 2. Shcherbakovo section facies associations (CA) and some of their features: а – T_{B-1} , T_C and T_D intervals of the СА1; б – muddy boulders and cobbles in the T_A interval; в – flute casts and scour marks on the underside of T_A interval bed; д – sandstone block in mudstones. Sedimentary log key: 1–4 – structures: 1 – massive, 2 – planar parallel lamination, 3 – cross lamination, 4 – current ripples; 5–6 – clasts: 5 – granules, small pebbles (upper) and medium, large pebbles, cobbles (lower), 6 – mudrock; 7 – shell-rich beds; 8–10 – fossils: 8 – Brachiopoda, 9 – Cephalopoda, 10 – phytodetritus; 11 – trace fossils 12 – cyclites: left – 2nd order, right – 3rd order (left one – recycelite, right one – procyclite); 13 – sampling point (left – for thin section, right – X-ray diffraction and thermal analysis). (Scale 1.97 (a), 17.87 inches (c, d). Hammer length is 40 cm (about 15.75 inches), hammer's head length is 18 cm (about 7.08 inches). Also see explanation in the text



от 5–10 до 50 см, с достаточно ровными пластовыми поверхностями. При этом на нижних поверхностях иногда видны гиероглифы (рис. 3, b). Пласты песчаных пород характеризуются слабовыраженной тонкой горизонтальной слоистостью. По гранулометрическому составу и текстурным особенностям мы склонны отождествлять гравелиты и песчаники этой СА с R- и S-интервалами слоевой последовательности Д. Р. Лоуи [21] – в основном с интервалами R₂ (гравелиты крупногравийные массивные, с градиционной сортировкой материала) и S₁ (крупно- и грубозернистые песчаники, гравелиты с горизонтальной слоистостью).

Интервалы с преобладанием аргиллитов имеют мощность от 5 до 30 см, чаще 10–20 см, в единичных случаях до 70 см (рис. 3, a). Слоистость тонкая за счет слойков (до 5 мм) мелко- и среднезернистого песчаного материала. Породы СА4 состоят про-рециклит 2-го порядка мощностью 5 м.

Слоевая ассоциация СА5. Тонкослоистые глинистые породы, в основном аргиллиты, иногда мергели, с маломощными прослоями (от 2–3 до 10 см) песчаников со слабовыраженной градиционной сортировкой материала (рис. 3, c). В нижней части песчаных пластов размерность материала средне-, редко крупнозернистая, в кровле – мелко- и тонкозернистая (литотип T_A?). Для пород характерно наличие РД, в том числе тонкого и длинного. Мощность СА (рециклита 2-го порядка) составляет 25 м.

Не совсем ясно, к какой СА относятся конгломераты, обнажающиеся в основании и в верхней части Кодинского разреза (пласты мощностью 0.5 и 8 м). Вероятно, они залегают в основании одной из СА, однако тектонические нарушения и плохая обнаженность не позволяют реконструировать её. Конгломераты плохо сортированные, с песчано-глинистым либо глинисто-песчаным матриком, в котором рассеяны гравий и отдельные гальки (окатанные и полуокатанные) размерами от 0.5 до 3–4, максимум 7–10 см (рис. 3, d), отвечают литотипу D_{M-2} [23]. Нижняя поверхность пластов неровная, с валиками и ложбинками.

Разрез выше с. Щербаково сложен слоевыми ассоциациями СА1, чередующимися друг с другом. Здесь они формируют две серии проциклитов (2.5–

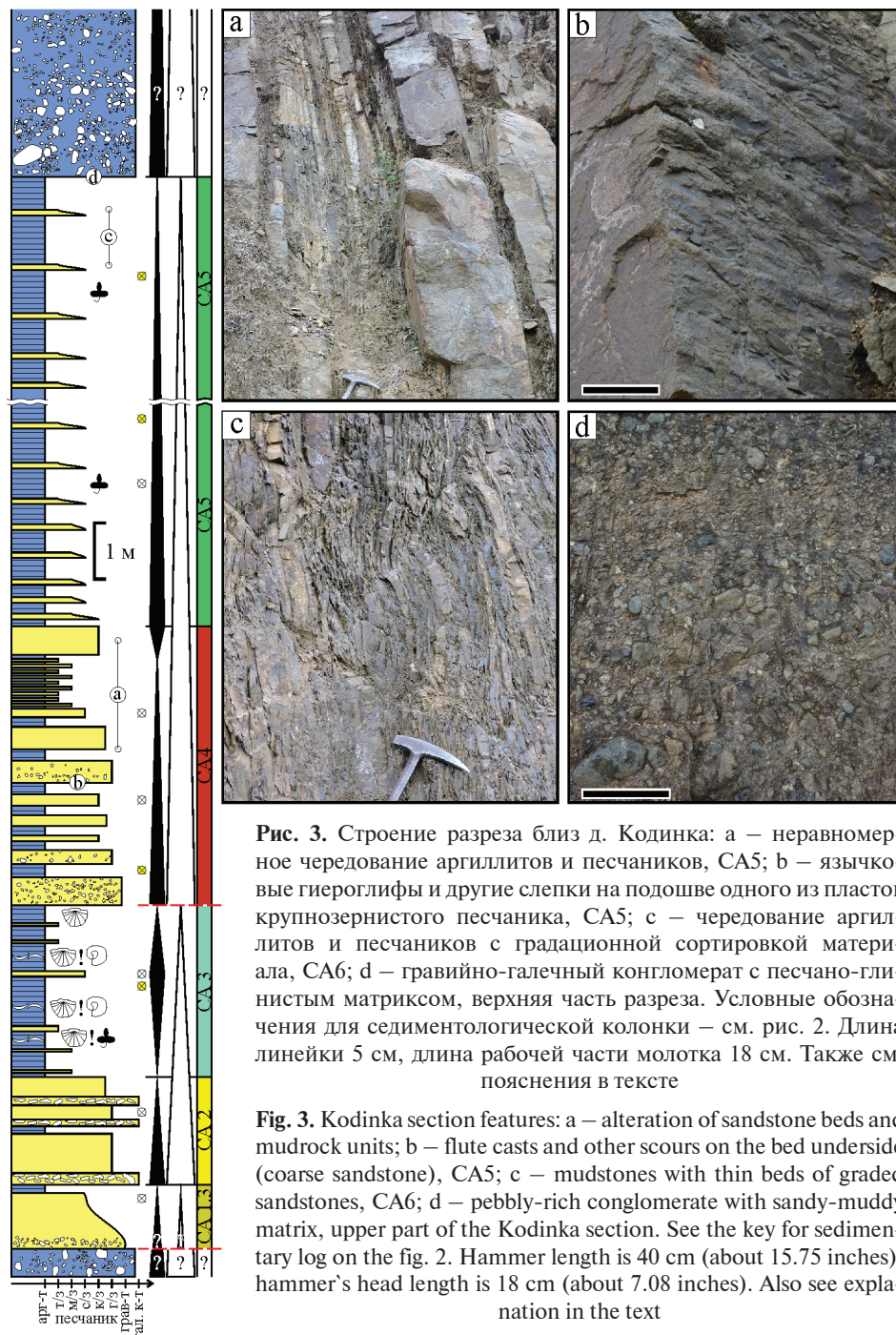


Рис. 3. Строение разреза близ д. Кодинка: а – неравномерное чередование аргиллитов и песчаников, СА5; б – язычковые гиероглифы и другие слепки на подошве одного из пластов крупнозернистого песчаника, СА5; в – чередование аргиллитов и песчаников с градиционной сортировкой материала, СА6; д – гравийно-галечный конгломерат с песчано-глинистым матриком, верхняя часть разреза. Условные обозначения для седиментологической колонки – см. рис. 2. Длина линейки 5 см, длина рабочей части молотка 18 см. Также см. пояснения в тексте

Fig. 3. Kodinka section features: а – alteration of sandstone beds and mudrock units; б – flute casts and other scours on the bed underside (coarse sandstone), СА5; в – mudstones with thin beds of graded sandstones, СА6; д – pebbly-rich conglomerate with sandy-muddy matrix, upper part of the Kodinka section. See the key for sedimentary log on the fig. 2. Hammer length is 40 cm (about 15.75 inches), hammer's head length is 18 cm (about 7.08 inches). Also see explanation in the text

5 м каждый) 2-го порядка. Первая серия (видимая мощность около 45 м) представлена СА1.2, СА1.3 и СА1.4, вторая (25 м) – СА1.1 и СА1.4. Указанные серии, в свою очередь, являются элементами единственного в этом разрезе рециклита 3-го порядка (рис. 2). Переход от нижнего элемента (первой серии) к верхнему (второй серии) постепенный, с увеличением зернистости в песчаных интервалах ЭЦ и уменьшением в них мощности глинистых. В разрезе в д. Кодинка выделяется пять СА, последовательно сменяющих друг друга, – СА1.3, СА2–СА5 (рис. 3).

Обсуждение и выводы

Относительно широкое распространение гиероглифов в совокупности с наличием слоевой последовательности П. Дж. Таллинга с соавторами и элементов слоевой последовательности Р. Лоуи заставля-

ет предполагать, что формирование отложений, слагающих изученные разрезы устькодинской свиты, происходило в обстановках глубоководного конуса выноса.

Грубый (песчаный и галечный) материал попадает в глубоководные обстановки в основном с турбидными (низко- и высокоплотностными) и обломочными потоками. Для первых свойственна постепенная, слой за слоем, седиментация, дифференциация осаждаемого материала по размерности с образованием характерных слоевых последовательностей, градационной сортировки [16, 21, 23]. Турбидиты, возникшие за счет осаднения из потоков различной плотности, отличаются в первую очередь по размерности частиц и по типу слагаемой слоевой последовательности. Так, отложения низкоплотностных потоков формируют последовательность П. Дж. В. Пайпера (тонкозернистые турбидиты), а высокоплотностных — Р. Лоуи (грубозернистые турбидиты, песчаники и гравелиты СА4) [16, 19, 23]. В формировании последовательности П. Дж. Таллинга с соавторами (соответствующей среднезернистым турбидитам) участвуют потоки различной плотности. Здесь граница между ними, как правило, проходит по резкому изменению размерности зёрен [23]. В нашем случае это можно наблюдать между элементами T_{B-1} и T_{B-2} СА1.

Другой генотип — дебриты (отложения обломочных потоков), как правило, представляют собой смешанную, плохо сортированную массу, так как их осаднение происходит за счет резкой остановки и не подразумевает образование внутрислойной (или внутрипластовой) слоистости, как и градационной сортировки материала (за редким исключением [16, 23 и ссылки в них]). О формировании отложений подобным образом свидетельствуют текстурные особенности литотипа D_{M-2} Щербаковского разреза. С меньшей уверенностью можно говорить об аналогичном типе седиментации для конгломератов и грубых песчаников СА2. В них отсутствуют признаки слоистости. Возможно, песчаные породы этой СА можно сопоставить с литотипом D_{CS} слоевой последовательности П. Дж. Таллинга с соавторами.

Остается не совсем ясным генезис преимущественно глинистых пачек (верхняя часть СА1, СА3 и СА5). В целом глинистый материал в условиях глубоководного конуса выноса осаждается ограниченным количеством способов, в том числе напрямую отлагаясь из толщи воды, образуя у подножья склона фоновые отложения (гемипелагиты или их аналоги), либо из низкоплотностных потоков (см. выше). Последние отличаются наличием характерной слоевой последовательности, которая в рассматриваемой устькодинской свите встречается не всегда, более отчетливо отмечена только в основании глинистой части СА1, в связи с чем можно сделать предположение, что в остальных СА преобладают фоновые отложения. Возможно, более детальное изучение микротекстур аргиллитов устькодинской свиты позволило бы провести границу между ними.

Существующих данных недостаточно для полной реконструкции типа устькодинского конуса выноса, однако особенности строения СА, набор одних генетических типов и различные их сочетания в совокупности с отсутствием других позволяют выдвинуть

ряд предположений. В частности, среди рассматриваемых пород полностью отсутствуют глинистые образования дистальной части конуса выноса, как правило сложенные фоновыми отложениями и тонкозернистыми турбидитами с ясно выраженной последовательностью П. Дж. В. Пайпера [16, 19, 22]. В том числе отсутствуют и СА, сформированные в обстановках лопастей, которыми обычно завершаются глубоководные русла в дистальных обстановках. Последние чаще всего представляют собой пачки аргиллитов с редкими прослоями песчаников и алевролитов либо пачки тонких песчаников, в основном имеющих рецикличное строение, обусловленное проградацией русловых отложений в зону абиссальной равнины [19, 22].

В Кодинском разрезе развиты среднезернистые турбидиты с достаточно хорошо выраженной слоевой последовательностью. В основном такие образования характерны для средней части глубоководного конуса выноса [16, 19, 22–24]. Наличие крупной глыбы (результат обвала или оползания) в таком случае маловероятно, но в целом допустимо [4, 19]. Сохранение элементов слоевой последовательности среднезернистых турбидитов возможно в спокойных условиях, например в пределах внутренней части намывного вала [20], либо при высоком уровне стояния моря и/или незначительном привносе материала с мелководья [19, 22]. В последнем случае феномен амальгамации (см. СА2, ниже), столь типичный [16, 19, 22–24] для отложений глубоководных русел и каналов, наблюдается редко. Рецикличное строение Кодинского разреза в целом можно связать с увеличением поступления песчаного материала в глубоководную область либо постепенной сменой условий на более проксимальные.

В разрезе выше с. Щербаково среди обломочных отложений развиты грубозернистые турбидиты, а также дебриты, то есть осадки более грубые, чем в Кодинском разрезе, что заставляет нас предполагать формирование этой части разреза в более проксимальных обстановках, более близких к глубоководным каньонам. Фоновые отложения (СА3, СА5) в этой области осаждаются в условиях внешней части намывного вала и в междуслойной зоне [20, 22, 24]. Многочисленные тонкие прослои алевроитового и песчаного материала, нередко с градационной сортировкой, вероятно, формировались в результате переливания турбидных потоков за пределы русел в обстановки намывного вала. Наличие большого количества таких прослоев более характерно для дистальной части намывного вала, нежели для проксимальной его части или междуслойной области [20]. Формирование остальных СА (1.3, 2 и 4) этого разреза мы склонны связывать с условиями русел. Например, в СА2 виден результат амальгамации песчаных тел, что находит своё отражение в практически полном отсутствии прослоев аргиллита.

Особенности вещественного состава изученных отложений позволяют предполагать размыв блока с континентальной корой (микроконтинента?). В частности, несмотря на преобладание в песчаниках и конгломератах среди обломков пород магматических разностей, в них присутствуют фрагменты метаморфических пород (кварцитов, микрокварцитов и сланцев). Другие аргументы в пользу этого предположения связаны с глинистыми породами. Во-первых, по своему



вещественному составу аргиллиты и глинистые алевролиты устькодинской свиты практически аналогичны таковым кодинской свиты [6], а те, в свою очередь, обладают рядом характеристик, которые свойственны породам, сформировавшимся в спокойных тектонических обстановках и имеющим терригенное происхождение, а не вулканогенно-осадочное [8]. Во-вторых, указанные верхнедевонские породы отличаются по химическому составу от одновозрастных образований, чей генезис связан с разрывом островных дуг [5]. Существование микроконтинента на востоке предполагается и в некоторых общих палеогеографических реконструкциях, например в атласе Северной Евразии [11], а также в результате изучения угленосных свит нижнего карбона [9].

В позднефранское время на шельфе этого микроконтинента могла существовать довольно крупная дельтовая система, достаточно далеко продвинувшаяся в глубь моря. Её разрез завершает глинистая толща с прослоями песчаников, представляющая собой отложения дистальной части проделты. Формирование упомянутой дельты происходило на фоне общей трансгрессии (или скорее прогибания дна бассейна), в пределах которой выделяется ряд более мелких регрессивных колебаний [7]. Представляется, что к началу фаменского времени трансгрессия достигла максимума, на месте прежней дельтовой системы образовался глубоководный конус выноса. Площадь шельфа уменьшилась, но на нем так же, как и в кодинское время, пусть и в меньших масштабах, существовала дельтовая система, транспортировавшая материал в более глубоководные области.

Таким образом, в результате интерпретации структурно-текстурных особенностей пород в пределах двух наиболее представительных разрезов фаменской устькодинской свиты высказано предположение, что они формировались в обстановках проксимальных и средних частей глубоководного конуса выноса. Выделены фации глубоководных русел и намывных валов. Фации дистальных частей конуса выноса не обнажены. Среди наиболее ярких диагностических признаков обращает на себя внимание наличие слоевой последовательности П. Дж. Таллинга с соавторами, а также её фрагментов. Генотипы отложений представлены турбидитами (низко- и высокоплотностными), аналогами гемипелагических отложений, в меньшей степени дебритами. Вероятно, формирование конуса выноса происходило у подножия микроконтинента.

Автор выражает искреннюю признательность доктору геол.-мин. наук Г. А. Мизенсу за ряд полезных замечаний, а также рецензентам, пожелания и замечания которых, несомненно, пошли на пользу и автору, и рукописи.

Исследования выполнены в рамках проекта УрО РАН № 15-18-5-36 и темы № 0393-2016-0022 (18-5-5-11) государственного задания ИГГ УрО РАН.

Литература

1. Анфимов Л. В., Силантьев Е. В. Петрография франских терригенных образований Урала // Литология главных типов осадочных пород франского яруса Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1975. С. 4—35.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Издание второе. Серия Среднеуральская. Лист О-41-XXXII / Под ред. М. С. Рапопорта. Верхняя Пышма: Комитет природных ресурсов по Свердловской области, 2000.
3. Карагодин Ю. Н. Седиментационная цикличность. М.: Недра, 1980. 242 с.
4. Лисицын А. П. Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и океанах. М.: Наука, 1988. 309 с.
5. Мельничук О. Ю. Обстановки формирования верхнедевонских отложений среднеуральского сегмента Восточно-Уральской мегазоны // Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий: Материалы VI Всерос. молодеж. геол. конф. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2016. С. 45—49.
6. Мельничук О. Ю. Песчаники и аргиллиты устькодинской свиты: особенности состава и петрофонд // Ежегодник-2016: сб. науч. ст. / Тр. ИГГ УрО РАН. Екатеринбург, 2017. С. 82—89.
7. Мельничук О. Ю. Позднедевонская дельтовая система на восточном склоне Среднего Урала // Вестник Пермского университета. Геология. 2018. Т. 17. № 1. С. 18—32.
8. Мельничук О. Ю., Рясная А. Д. Особенности вещественного состава аргиллитов кодинской свиты (верхний девон, восток Среднего Урала) // Литосфера. 2017. Т. 17. № 3. С. 71—86.
9. Мизенс Г. А., Кучева Н. А., Степанова Т. И. О палеогеографической ситуации в раннем карбоне на востоке Урала // Типы седиментогенеза и литогенеза и их эволюция в истории Земли: Материалы 5-го Всерос. литол. совещ. Т. II. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. С. 88—91.
10. Наседкина В. А., Зенкова Г. Г. Биостратиграфия верхнего девона на восточном склоне Среднего и Северного Урала // Проблемы стратиграфии и палеонтологии Урала. Екатеринбург, 1999. С. 51—74.
11. Палеогеографический атлас Северной Евразии / Под ред. В. Г. Казьмина, Л. М. Натапова. М.: Институт тектоники литосферных плит, 1998. 26 карт.
12. Прошляков Б. К., Кузнецов В. Г. Литология. М.: Недра, 1991. 444 с.
13. Пучков В. Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 145 с.
14. Смирнов В. Н., Ферштатер Г. Б., Иванов К. С. Схема тектоно-магматического районирования территории восточного склона Среднего Урала // Литосфера. 2003. № 2. С. 40—56.
15. Смирнов Г. А., Смирнова Т. А. Материалы к палеогеографии Урала. Очерк 3. Фаменский век. Свердловск: УфАН СССР, 1961. 85 с.
16. Стоу Д. А. В. Морские глубоководные терригенные отложения // Обстановки осадконакопления и фации. Т. 2. М.: Мир, 1990. С. 141—194.
17. Фролов В. Т. Литология. Кн. 3. М.: МГУ, 1995. 352 с.
18. Чувашов Б. И., Анфимов А. Л. Карбонатно-терригенные отложения разреза «Кодинка — Щербаково» — опорный разрез верхнего девона бассейна р. Исеть (восточный склон Среднего Урала). Ежегодник-2007. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. С. 88—97.
19. Einsele G. Sedimentary basins: evolution, facies and sediment budget. Springer Science & Business Media, 2000. 792 pp.
20. Kane I. A., Hodgson D. M. Sedimentological criteria to differentiate submarine channel levee subenvironments: Exhumed examples from the Rosario Fm. (Upper Cretaceous) of Baja California, Mexico, and the Fort Brown Fm. (Permian),



Karoo Basin, S. Africa // *Marine and Petroleum Geology*, 2011. V. 27. P. 807–823.

21. Lowe D. R. Sediment gravity flows. II. Depositional models with special reference to high density turbidity currents // *J. Sed. Petrol.*, 1982. V. 52. P. 279–298.

22. Shanmugam G., Moiola R.J. Submarine fans: characteristics, models, classification and reservoir potential // *Earth-Science Reviews*, 1988. V. 24. P. 383–428.

23. Talling P. J., Masson D. G., Sumner E. J., Malgesini G. Subaqueous sediment density flows: depositional processes and deposit types // *Sedimentology*, 2012. V. 59. P. 1937–2003.

24. Walker R. G. Deep-water sandstone facies and ancient submarine fans: models of exploration for stratigraphic traps // *Bul. AAPG*, 1978. V. 62. № 6. P. 932–966.

References

1. Anfimov L. V., Silantev E. V. *Litologiya glavneishikh tipov osadochnykh porod franskogo yarusa Urala* (Lithology of the major types sedimentary rocks, Frasnian stage of the Urals) Urals Frasnian terrigenous rocks petrography. Sverdlovsk: USC AS USSR Publ., 1975, pp. 4–35.

2. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoi Federatsii mashtaba 1:200000 (Russian Federation state geologic map on a scale of 1:200000). Second Edition. Middle Urals series. O-41-XXXII sheet. Edited by M. S. Rapoport. Verkhnyaya Pyshma. Sverdlovsk region nature resources committee, 2000.

3. Karagodon Yu. N. *Sedimentatsionnaya tsiklichnost'* (Sedimentary cyclicity). Moscow: Nedra, 1980, 242 pp.

4. Lisitsyn A. P. *Lavinnaya sedimentatsiya i pereryvy v osadkonakoplenii v morjakh i okeanakh* (Avalanche sedimentation and depositional breaks in seas and oceans). Moscow: Nauka, 1988. 309 pp.,

5. Melnichuk O. Yu. *Obstanovki formirovaniya verkhnedevonskikh otlozhenii sredneural'skogo segmenta Vostochno-Ural'skoi megazony* (Upper Devonian deposition environments in the Eastern Urals middle segment). Geology, geoecology and resource potential of the Urals and adjacent territories. Proceedings of VI All-Russia youth geology conference. Ufa: IG USC RAS, 2016, pp. 45–49.

6. Melnichuk O. Yu. *Peschaniki i argillity ust'kodinskoi svity: osobennosti sostava i petrofond* (Composition features and source-rocks of the Ustkodinka Formation sandstones and mudstones). *Ezhegodnik-2016*, Proc. IGG UrO RAN. Ekaterinburg, 2017, pp. 82–89.

7. Melnichuk O. Yu. *Pozdne-devonskaya del'tovaya sistema na vostoche Srednego Urala* (Late Devonian deltaic system in the East of the Middle Urals). Proceedings of Perm University, Geology, 2018, V. 17, No. 1, pp. 18–32.

8. Melnichuk O. Yu., Ryanskaya A. D. *Osobennosti veshchestvennogo sostava argillitov kodinskoi svity (verkhnij devon, vostok Srednego Urala)* (Specific composition features of Kodinka Formation mudstones (Upper Devonian, Middle Urals eastern slope). *Litosfera*. 2017, V. 17, No. 3, pp. 71–86.

9. Mizens G. A., Kucheva N. A., Stepanova T. I. *O paleogeograficheskoy situatsii v rannem karbone na vostoche Urala* (About paleogeographic situation in the early Carboniferous time in the East Urals). Types of the sediment genera-

tion and lithogenesis and their evolution in Earth history. Proceedings of the 5th all-Russian lithologic meeting, V. II, Ekaterinburg: IGG UB RAS, 2008, pp. 88–91.

10. Nasedkina V. A., Zenkova G. G. *Biostratigrafija verkhnego devona na vostochnom sklone Srednego i Severnogo Urala* (Upper Devonian biostratigraphy of the Middle and North Urals eastern slope). Problems of Stratigraphy and Paleontology of the Urals. Ekaterinburg, 1999, pp. 50–74.

11. *Paleogeograficheskii atlas Severnoi Evrazii* (Northern Eurasia paleogeographical atlas) Ed. Kaz'min V. G., Natapov L. M. Moscow: Institute of lithosphere plate tectonics, 1998, 26 maps.

12. Proshlyakov B. K., Kuznetsov V. G. *Litologiya* (Lithology). Moscow: Nedra, 1991, 444 pp.

13. Puchkov V. N. *Paleodinamika Yuzhnogo i Srednego Urala* (Southern and Middle Urals Palaeodynamics). Ufa: Dauriya, 2000, 145 pp.

14. Smirnov V. N., Fershtater G. B., Ivanov K. S. *Skhema tektono-magmaticheskogo rajonirovaniya territorii votochnogo sklona Srednego Urala* (Tectonically and magmatic zoning scheme of the Middle Urals eastern slope territory). *Litosfera*, 2003, No. 2, pp. 40–56.

15. Smirnov G. A., Smirnova T. A. *Materialy k paleogeografii Urala. Ocherk 3. Famenskii vek* (Materials about Urals paleogeography. 3rd essay. Famienian stage) Sverdlovsk: YfAN USSR, 1961, 85 pp.

16. Stow D. A. V. *Morskije glubokovodnye terrigennye otlozheniya* (Deep-marine siliclastic sediments). Sedimentary environments and facies, V. 2, Moscow: Mir, 1990, pp. 141–194.

17. Frolov V. T. 1993. *Litologiya. Kniga 3* (Lithology. The 3rd book). Moscow: MSU, 1993, 352 pp.

18. Chuvashov B. I., Anfimov. A. L. Carbonaceous-terrigeneous deposits in the “Kodinka—Shcherbakovo” section are the Upper Devonian key section (the Iset' River basin, Middle Urals eastern slope). *Ezhegodnik-2007*. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 2008, pp. 88–97.

19. Einsele G. Sedimentary basins: evolution, facies and sediment budget. Springer Science & Business Media, 2000, 792 pp.

20. Kane I. A., Hodgson D. M. Sedimentological criteria to differentiate submarine channel levee subenvironments: Exhumed examples from the Rosario Fm. (Upper Cretaceous) of Baja California, Mexico, and the Fort Brown Fm. (Permian), Karoo Basin, S. Africa. *Marine and Petroleum Geology*, 2011, V. 27, pp. 807–823.

21. Lowe D. R. Sediment gravity flows. II. Depositional models with special reference to high density turbidity currents. *J. Sed. Petrol.*, 1982, V. 52, pp. 279–298.

22. Shanmugam G., Moiola R.J. Submarine fans: characteristics, models, classification and reservoir potential. *Earth-Science Reviews*, 1988, V. 24, pp. 383–428.

23. Talling P. J., Masson D. G., Sumner E. J., Malgesini G. Subaqueous sediment density flows: depositional processes and deposit types. *Sedimentology*, 2012, V. 59. P. 1937–2003.

24. Walker R. G. Deep-water sandstone facies and ancient submarine fans: models of exploration for stratigraphic traps. *Bul. AAPG*, 1978, V. 62, No. 6, pp. 932–966.



Арктический вектор геологических исследований Arctic vector of geological research

УДК 552. 5

DOI: 10.19110/2221-1381-2018-3-17-25

ДОПАЛЕОЗОЙСКИЕ ПЕСЧАНИКИ ПОЛЯРНОГО УРАЛА

Н. Ю. Никулова

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

Nikulova@geo.komisc.ru

Приведены результаты изучения и сравнения петрохимических характеристик допалеозойских песчаников хребтов Оченырды и Енганепэ. Сходство характеристик песчаников верхнерифейской отчетливой свиты и базальной части верхневендско-нижнекембрийской еганепэйской свиты позволяет считать эти отложения фациальными аналогами. Прослежено постепенное увеличение в составе песчаников еганепэйской свиты доли рециклированного материала измененных в коре выветривания метатерригенных пород. Установлены различия в обстановках и источниках обломочного материала, повлиявшие на формирование состава песчаников базальной и верхней частей разреза еганепэйской свиты.

Ключевые слова: песчаник, химический состав, обломочный материал, источники сноса, область образования, условия осадконакопления.

PRE-PALEOZOIC SANDSTONES OF THE POLAR URALS

N. Yu. Nikulova

Institute of Geology of Komi SC UB RAS, Syktyvkar

Nikulova@geo.komisc.ru

We studied and compared the chemical characteristics of Pre-Paleozoic sandstones of the Ochenyrd and Enganepe ridges. The similarity of characteristics of sandstones from Upper Riphean Ochtyviskaya Formation and from the basal part of Upper Vendian-Lower Cambrian Enganepe Formation allows considering these deposits as facies analogues. In the composition of sandstones of Enganepe Formation we traced a gradual increase of recycled material from metaterrigenous rocks altered in the weathering crust. We found differences in the conditions and sources of detrital material, which affected the formation of sandstone composition of the basal and upper parts of the section of Enganepe Formation.

Keywords: sandstone, chemical composition, detrital material, source areas, area of formation, sedimentation conditions.

Введение

В геологическом строении Полярного Урала образования фундамента представлены вулканогенно-терригенными комплексами, в которых значительная часть разрезов приходится на вулканогенно-терригенные и терригенные вулканомиктовые псаммиты, в составе которых наряду с вулканомиктовой компонентой присутствует обломочный материал уже сформированных интрузивных образований и блоков континентальной коры. Изучение литолого-геохимических и минералогических особенностей псаммитов позволяет определить состав источников обломочного материала, климатические условия выветривания разрушавшихся пород, климатические и динамические условия, сопровождавшие накопление исходного осадка, и последовательность постдиагенетических преобразований, сформировавших современный облик пород.

Вулканогенно-осадочные и вулканогенные поздне-рифейско-вендские образования хр. Оченырды, в настоящее время объединенные в бедамельскую серию, во второй половине XX века считались кембрийскими и разными авторами расчленялись на основании локальных петрологических особенностей на различные местные стратиграфические подразделения, возраст, объем, последовательность и названия которых менялись в зависимости от убеждений авторов. Последний этап изучения геологического строения района прове-

ден в ходе геологической съёмки ГДП-2008¹. По ее результатам в Оченырдыском районе бедамельская серия разделяется на две свиты: верхнерифейскую отчетливую, в нижней части сложенную вулканитами основного состава, вверх по разрезу сменяющимися вулканогенно-осадочными и осадочными вулканомиктовыми породами, и верхнерифейско-вендскую лядгейскую, представленную преимущественно вулканитами кислого и среднего состава. Отложения, относящиеся к еганепэйской свите, или ее возрастные аналоги в этом районе отсутствуют.

Вопросы строения, состава и стратиграфической принадлежности еганепэйской свиты были рассмотрены Б. А. Дембовским в ряде фондовых отчетов по результатам геолого-съёмочных и опытно-методических работ и публикаций печати [1, 2]. Стратиграфическое положение и возраст еганепэйской свиты определен на основе микрофитоцитов венда. Абсолютный возраст еганепэйской свиты, перекрывающей ее манитаньдской серии и их структурно-тектоническое положение установлены Н. Б. Кузнецовым и соавторами по результатам изучения детритных цирконов [3, 4].

В ходе изучения допалеозойских терригенных и вулканогенно-терригенных образований в различных

¹ Геологическое доизучение масштаба 1:200 000 листа R-41-XXXV, XXXVI (Кара-Силевская площадь) / Д. В. Зархидзе и др. Сыктывкар, 2008.

районах Полярного Урала мы обратили внимание, что ритмично построенная терригенная толща в составе верхнерифейской очетывисской (RF₃oñ) свиты по строению и литологическим характеристикам слагающих ее пород сходна с флишеидными образованиями верхне-вендско-раннекембрийской енганепэйской (V₂-E₁en) свиты. Ранее этот факт отмечали Л. И. Ефанова и соавторы, изучавшие перспективы золотоносности Енганепэйско-Манитаньрдского района².

Сопоставление литолого-геохимических характеристик позднепротерозойских и вендско-раннекембрийских отложений, развитых на хр. Оченырды и Енганепэ, позволяет выявить особенности и закономерности осадконакопления важного рубежа геологического развития территории, предшествовавшего глобальной перестройке структурно-тектонического плана региона, уточнить стратиграфическое положение и фациальную принадлежность верхне-докембрийских толщ хр. Оченырды. В обоих случаях перекрывающими являются терригенные отложения манитаньрдской (E₃-O₁mn) серии с фрагментарно сохранившимися в основании образованиями древней метаморфизованной коры выветривания. Прикладное значение изучения допалеозойских псаммитов обусловлено тем, что они являются источником вещества для терригенных толщ манитаньрдской серии (E₃-O₁mn), в том числе золотоносных.

Объект и методы исследования

Объектом исследования являются песчаники верхней части (руч. Изъя-Вож, западный склон) и основания (р. Енганеяха, восточный склон) енганепэйской свиты в южной части хр. Енганепэ, описанные и опробованные автором, и позднерифейско-вендской очетывисской свиты хр. Оченырды из коллекций А. А. Соболевой и Т. С. Каневой (рис. 1).

В нижней части разреза очетывисская свита сложена базальтами, андезибазальтами, андезитами и их туфами и кластолавами с редкими прослоями туфоалевролитов и туфопесчаников. Вверх по разрезу преобладающими становятся чередующиеся обломочные (вулканогенно-обломочные) псаммиты, алевролиты и сланцы, слагающие седиментационные ритмы мощностью до 1 м. Мощность флишеидного разреза достигает нескольких сотен метров. Слабометаморфизованные песчаники характеризуются бластопсаммитовой структурой, сланцеватой текстурой, образованной ориентировкой слюистых минералов в составе порового, реже базального цемента. Преимущественно неокатанные и слабоокатанные обломки представлены кварцем, плагиоклазом, в том числе частично замещенным карбонатом и калиевым полевым шпатом. Обломки пород представлены единичными зернами кварц-полевошпатовой мелкокристаллической породы. В нескольких шлифах встречены зерна фрамбоидального пирита [5].

Енганепэйская (V₂-E₁en) свита представлена толщей ритмичного переслаивания аргиллитов, алевролитов и тонкозернистых песчаников. Слабомета-

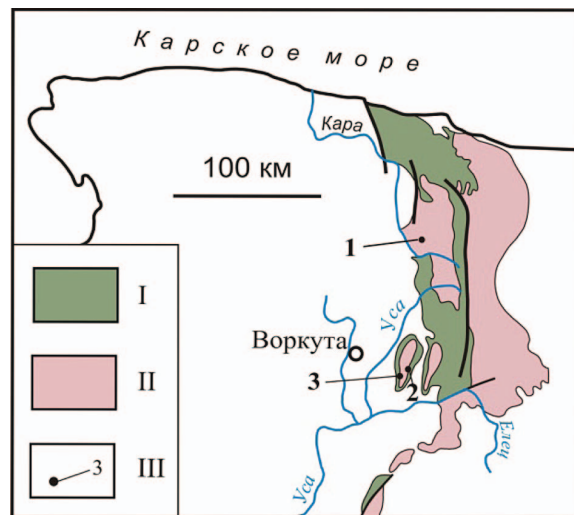


Рис. 1. Схема расположения изученных разрезов. Условные обозначения: I — нижнепалеозойские отложения; II — доордовикские отложения; III — участки проведения исследований: 1 — хр. Оченырды; 2 — р. Енганеяха; 3 — руч. Изъя-Вож

Fig. 1. Location map of sections studied. Legend: I — Lower Paleozoic deposits; II — Pre-Ordovician deposits; III — areas of researches: 1 — Ochenyrd Ridge; 2 — Engane-Yaha River; 3 — Izya-Vozh Stream

морфизованные тонко- и мелкозернистые песчаники, залегающие в основании седиментационных ритмов, имеют бластопсаммитовую структуру, массивную или полосчатую, с элементами сланцеватой текстуры. Угловатый или слабоокатанный обломочный материал представлен зернами полевого шпата и кварца. Редкие обломки пород представлены микрокварцитами, глинисто-кремнистыми или кремнисто-глинистыми сланцами. Поровый и базальный цемент сложен микроцеллюлитным агрегатом гидрослюда и хлорита, содержит неправильной формы скопления тонкодисперсного углистого вещества. Многочисленные мельчайшие округлые зерна пирита равномерно рассеяны или образуют кучные скопления.

Диагенетический фрамбоидальный пирит, образование которого является результатом взаимодействия растворенного железа и биогенного сероводорода в условиях свободного доступа растворенного сульфат-иона, обнаружен в песчаниках обеих рассматриваемых свит. Присутствие такого пирита свидетельствует о сходстве условий формирования отложений на этапе седименто- и диагенеза.

В настоящей работе использованы данные о составе пород верхней части разреза енганепэйской свиты и очетывисских отложений, приведенные в соответствующих публикациях [5, 6], дополненные новыми данными, в том числе по нижним горизонтам енганепэйской свиты, полученными автором в результате полевых работ 2017 г., а также предоставленными А. А. Соболевой.

Петрографический состав песчаников изучался в прозрачных шлифах. Содержания породообразующих оксидов определялись весовым химическим методом в лаборатории ЦКП «Геонаука» Института геологии Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар). Для интерпретации результатов химических анализов использованы петрохимические модули и индикаторные соотношения породообразующих оксидов [7, 8, 11–19].

² Прогнозно-поисковые работы на золото в пределах хр. Манитаньрды и Енганэ-Пэ (Республика Коми): Отчет / Ефанова Л. И. и др. Сыктывкар, 2009.



Геохимическая характеристика песчаников

Содержания главных породообразующих оксидов, литохимические модули и индикаторные соотношения, использованные для характеристики отложений и реконструкции условий их образования, приведены в табл. 1 и 2.

На диаграмме K_2O-Na_2O [7] в поле граувакк попали фигуративные точки псаммитов очетывисской свиты и основания енганепэйской свиты, что объясняется значительным вкладом в формирование их состава магматических пород с натриевым типом щелочности (рис. 2, а). Исключение составили две точки песчаников из этих разрезов, расположенные в поле

Таблица 1. Содержание породообразующих оксидов в метапесчаниках. мас. %

Table 1. Content of rock-forming oxides in metasandstones, wt. %

N п/п	N обр. Sample No.	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 poi	Сумма Total
1	PU 15-20	67,40	1,08	14,38	0,95	5,99	0,07	1,90	0,52	3,27	1,17	0,11	2,94	99,78
2	PU 15-21	67,90	1,03	13,29	0,62	5,71	0,07	1,98	1,30	2,60	1,43	0,09	3,15	99,17
3	PU 15-22	66,52	0,97	14,42	0,79	5,38	0,06	2,17	0,60	3,79	1,19	0,11	2,85	98,85
4	PU 15-24	70,52	0,88	12,15	0,77	5,44	0,06	1,99	0,40	1,94	1,60	0,08	3,14	98,96
5	PU 15-26	67,65	0,87	14,65	0,09	5,49	0,07	1,83	0,91	2,70	1,64	0,09	3,35	99,34
6	PU 15-49	61,05	0,92	18,13	1,32	6,21	0,06	2,92	0,18	2,10	2,74	0,12	4,17	99,92
7	PU 15-51	60,03	0,79	15,77	0,98	5,45	0,13	2,45	3,51	2,16	1,70	0,08	6,35	99,40
8	PU 15-52	64,74	0,82	15,72	0,84	6,05	0,06	2,61	0,18	3,85	1,33	0,09	3,24	99,52
9	PU 15-46	68,38	0,89	13,93	1,09	4,94	0,07	1,83	1,04	2,76	1,31	0,11	3,25	99,60
10	PU 15-47	68,56	0,99	14,36	1,15	4,91	0,08	1,76	0,94	2,26	1,78	0,10	3,20	100,08
11	227	69,52	0,51	14,28	2,74	1,65	0,04	0,73	2,18	4,58	1,30	0,14	2,32	100,00
12	101	59,12	1,01	20,12	2,27	4,44	0,055	2,68	0,30	0,18	4,99	0,120	4,87	100,16
13	102	62,50	0,81	18,72	2,14	4,29	0,056	2,36	0,30	0,19	4,37	0,088	4,52	100,34
14	103	58,88	1,02	19,76	2,14	4,94	0,068	2,83	0,40	0,40	4,71	0,130	4,89	100,17
15	104	60,02	0,86	20,20	2,05	4,39	0,062	2,51	0,40	0,86	4,24	0,094	4,63	100,32
16	105	60,04	1,10	18,73	2,14	5,01	0,067	2,91	0,55	0,93	3,87	0,290	4,68	100,32
17	106	57,82	0,98	20,19	2,43	4,25	0,063	2,51	0,67	1,16	4,28	0,110	5,31	99,77
18	107	62,06	0,97	19,02	1,82	3,59	0,043	2,37	0,40	0,80	4,36	0,100	4,80	100,33
19	108	62,04	0,85	18,54	2,71	3,41	0,043	2,13	0,30	1,24	3,89	0,068	5,15	100,37
20	109	60,76	0,84	19,10	2,79	3,59	0,047	2,28	0,30	1,28	3,94	0,088	5,10	100,12
21	115	61,71	0,7	18,28	3,12	3,2	0,042	2,15	0,2	1,69	3,6	0,079	5,32	####
22	29-1	62,06	0,83	16,08	0,73	6,72	0,110	2,80	0,87	2,65	1,82	0,15	4,48	99,30
23	29-2-1	63,56	0,78	15,52	0,87	6,96	0,120	2,63	0,87	2,80	1,37	0,12	4,22	99,82
24	29-3-1	64,09	0,86	16,48	0,90	6,23	0,081	2,45	0,52	2,61	1,98	0,14	3,84	100,18
25	30-1-1	59,81	0,93	19,02	1,07	5,94	0,092	3,05	0,30	2,21	3,04	0,13	4,54	100,13
26	30-3-1	60,62	0,99	17,65	1,21	6,52	0,09	2,96	0,40	2,33	2,44	0,17	4,49	99,87
27	30-4-1	64,93	0,85	16,22	0,80	6,22	0,077	2,55	0,30	2,76	1,82	0,13	3,79	100,45
28	32-1-1	66,26	0,82	15,06	0,92	5,60	0,075	2,36	0,64	2,83	1,61	0,37	3,56	100,11
29	32-2-1	63,94	0,88	15,85	0,46	6,42	0,100	2,65	0,87	3,01	1,67	0,14	3,94	99,93
30	32-3-1	64,86	0,70	13,83	0,11	6,82	0,140	2,41	2,13	2,98	0,98	0,09	4,69	99,74
31	39	61,45	0,88	17,76	1,35	5,98	0,09	2,75	0,30	3,08	2,12	0,11	4,06	99,93

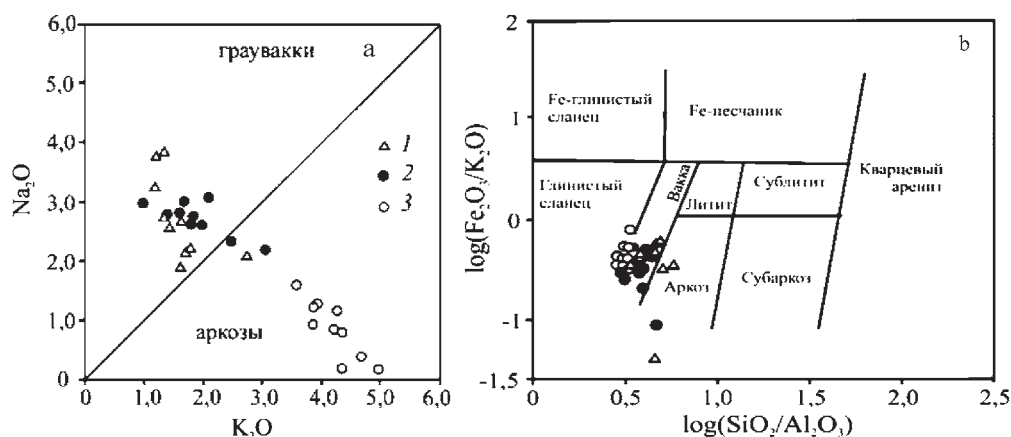


Рис. 2. Классификационные диаграммы: а — K_2O-Na_2O (по: [7]); б — $\log(Fe_2O_3/K_2O)-\log(SiO_2/Al_2O_3)$ (по: [16]).

Условные обозначения: 1—3 разрезы: 1 — хр. Оченырда, 2 — р. Енганеяха, 3 — руч. Изья-Вож

Fig. 2. Classification diagrams: а — K_2O-Na_2O (according to: [7]); б — $\log(Fe_2O_3/K_2O)-\log(SiO_2/Al_2O_3)$ (according to: [16]).

Legend: 1—3 sections: 1 — Ochenyrd Ridge; 2 — Engane-Yaha River; 3 — Izya-Vozh Stream

Таблица 2. Индикаторные соотношения и модули
Table 2. Indicator ratios and modules

N _г п/п	N _г обр. Sample No.	log (Na ₂ O /K ₂ O)	log (SiO ₂ / Al ₂ O ₃)	log (Fe ₂ O ₃ / K ₂ O)	F1	F2	F3	F4	K ₂ O / Na ₂ O	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ / SiO ₂	Fe ₂ O ₃ ⁺ MgO	CIA	ICV	CIW	Fe/ Mn	(Fe+Mn) /Ti	Al/ (Al+Fe +Mn)	K ₂ O/ Al ₂ O ₃	HKM	ГМ	ТМ
1	PU 15-20	0,45	0,67	-0,09	0,64	-0,93	-3,25	-0,89	0,36	4,69	0,21	2,85	65	1,00	69	90,41	6,68	0,61	0,08	0,31	0,33	0,08
2	PU 15-21	0,26	0,71	-0,36	0,22	-1,19	-3,06	-0,24	0,55	5,11	0,20	2,60	62	1,13	67	89,48	6,53	0,61	0,11	0,30	0,31	0,08
3	PU 15-22	0,50	0,66	-0,18	1,17	0,26	-3,11	-1,13	0,31	4,61	0,22	2,96	63	1,10	66	102,85	6,63	0,64	0,08	0,35	0,32	0,07
4	PU 15-24	0,08	0,76	-0,32	-0,58	-1,13	-3,28	-0,13	0,82	5,80	0,17	2,76	68	1,02	76	101,86	7,38	0,59	0,13	0,29	0,27	0,07
5	PU 15-26	0,22	0,66	-1,27	0,41	-1,66	-3,06	-1,28	0,61	4,62	0,22	1,92	65	0,94	71	73,69	7,16	0,65	0,11	0,30	0,31	0,06
6	PU 15-49	-0,12	0,53	-0,32	0,34	-2,53	-2,17	0,43	1,30	3,37	0,30	4,24	73	0,89	83	109,98	8,29	0,65	0,15	0,27	0,44	0,05
7	PU 15-51	0,10	0,58	-0,24	0,59	-1,33	-3,93	-0,74	0,79	3,81	0,26	3,44	57	1,25	61	44,70	8,47	0,65	0,11	0,24	0,39	0,05
8	PU 15-52	0,46	0,61	-0,20	1,36	-0,73	-3,46	-1,26	0,35	4,12	0,24	3,45	66	1,04	70	107,40	8,79	0,63	0,08	0,33	0,36	0,05
9	PU 15-46	0,32	0,69	-0,08	0,23	-0,56	-3,63	-1,35	0,47	4,91	0,20	2,92	64	1,03	68	72,34	6,87	0,64	0,09	0,29	0,31	0,06
10	PU 15-47	0,10	0,68	-0,19	-0,41	-1,50	-2,73	-0,58	0,79	4,77	0,21	2,91	66	0,96	73	71,36	6,18	0,65	0,12	0,28	0,31	0,07
11	101	-1,44	0,47	-0,34	-1,71	-4,40	2,25	3,37	27,72	2,94	0,34	4,95	76	0,79	98	97,92	6,07	0,72	0,25	0,26	0,47	0,050
12	102	-1,36	0,52	-0,31	-1,93	-4,54	1,38	2,49	23,00	3,34	0,30	4,50	77	0,75	98	92,50	7,28	0,71	0,23	0,24	0,42	0,043
13	103	-1,07	0,47	-0,34	-1,33	-4,20	1,80	3,27	11,78	2,98	0,34	4,97	75	0,83	96	85,60	6,51	0,70	0,24	0,26	0,47	0,052
14	104	-0,69	0,47	-0,32	-1,26	-4,07	1,05	2,09	4,93	2,97	0,34	4,56	75	0,77	93	84,50	6,94	0,73	0,21	0,25	0,46	0,043
15	105	-0,62	0,51	-0,26	0,20	-1,55	1,11	3,34	4,16	3,21	0,31	5,05	74	0,90	91	87,91	6,10	0,69	0,21	0,26	0,45	0,059
16	106	-0,57	0,46	-0,25	-1,03	-3,13	1,57	2,45	3,69	2,86	0,35	4,94	72	0,84	90	83,64	6,13	0,72	0,21	0,27	0,48	0,049
17	107	-0,74	0,51	-0,38	-1,54	-3,01	2,35	3,11	5,45	3,26	0,31	4,19	74	0,80	93	101,11	5,10	0,75	0,23	0,27	0,41	0,051
18	108	-0,50	0,52	-0,16	-1,66	-2,76	1,79	2,22	3,14	3,35	0,30	4,84	73	0,81	91	106,17	6,11	0,74	0,21	0,28	0,41	0,046
19	109	-0,49	0,50	-0,15	-1,39	-2,68	1,59	2,17	3,08	3,18	0,31	5,07	73	0,82	91	101,66	6,47	0,73	0,21	0,27	0,43	0,044
20	115	-0,39	0,53	-0,16	-1,25	-1,97	-0,51	0,58	2,44	3,37	0,30	5,02	73	0,85	88	104,28	6,93	0,73	0,2	0,28	0,41	0,04
21	29-1	0,16	0,59	-0,40	1,25	-1,34	-2,78	0,22	0,69	3,86	0,26	3,53	67	1,03	73	63,19	9,59	0,61	0,11	0,28	0,39	0,052
22	29-2-1	0,31	0,61	-0,20	1,08	-1,78	-3,93	-0,69	0,49	4,10	0,24	3,50	67	1,03	71	60,41	10,65	0,59	0,09	0,27	0,38	0,050
23	29-3-1	0,12	0,59	-0,34	0,85	-2,08	-2,28	0,02	0,76	3,89	0,26	3,35	69	0,93	76	80,78	8,68	0,63	0,12	0,28	0,38	0,052
24	30-1-1	-0,14	0,50	-0,45	0,50	-2,30	-0,75	1,41	1,38	3,14	0,32	4,12	72	0,90	82	68,83	7,78	0,67	0,16	0,28	0,45	0,049
25	30-3-1	-0,02	0,54	-0,30	0,88	-1,60	-2,96	0,07	1,05	3,43	0,29	4,17	71	0,95	79	74,91	8,03	0,64	0,14	0,27	0,42	0,06
26	30-4-1	0,18	0,60	-0,36	0,87	-1,77	-1,93	0,50	0,66	4,00	0,25	3,35	70	0,93	76	84,27	8,70	0,63	0,11	0,28	0,37	0,052
27	32-1-1	0,24	0,64	-0,24	2,57	0,78	-2,87	-0,44	0,57	4,40	0,23	3,28	67	1,01	72	79,07	8,25	0,64	0,11	0,29	0,34	0,054
28	32-2-1	0,26	0,61	-0,56	1,32	-1,30	-2,84	-0,13	0,55	4,03	0,25	3,11	66	1,04	71	65,35	8,50	0,62	0,11	0,30	0,37	0,056
29	32-3-1	0,48	0,67	-0,95	1,32	-1,77	-3,28	-0,21	0,33	4,69	0,21	2,52	58	1,23	61	48,39	11,13	0,58	0,07	0,29	0,33	0,051
30	39	0,16	,54	-0,20	0,85	-1,51	-3,06	-0,81	0,69	3,46	0,295,	4,1	69	0,95	76	69,11	8,44	0,65	0,12	0,29	0,44	0,05



аркозов вблизи линии разграничения. Все точки песчаников из кровли енганепэйской свиты попали в поле аркозов.

Фигуративные точки на диаграмме $\log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}) - \log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ [16] расположены на границе глинистых сланцев и вакков, в поле вакков, аркозов на границе с вакками и вне выделенных полей (рис. 2, б; табл. 2). При этом существенно калиевые песчаники из верхней части разреза, на диаграмме $\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}$ попавшие в область аркозов, оказались на границе глинистых сланцев и вакков. Такое положение точек обусловлено высокой глиноземистостью содержащих песчаников с существенно слюдистым цементом (табл. 1).

На диаграмме F3—F4 [19], позволяющей охарактеризовать источники поступления обломочного ма-

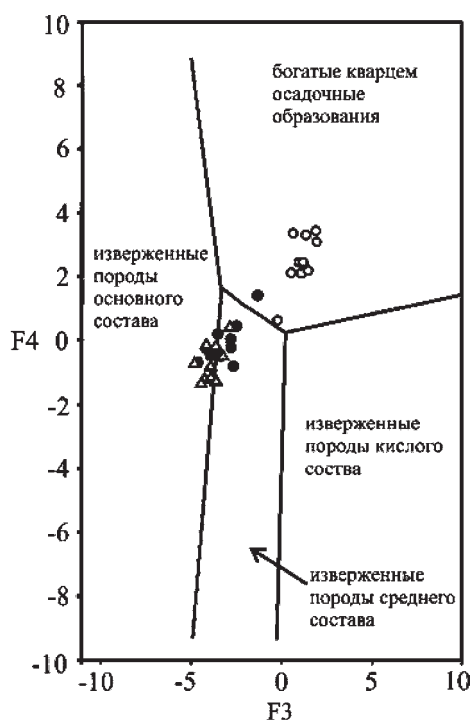
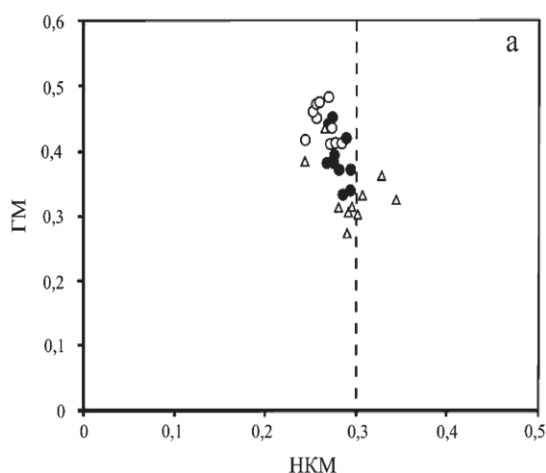


Рис. 3. Положение точек составов песчаников на диаграмме F3—F4 (по: [19]). Условные обозначения — на рис. 2

Fig. 3. Position of points of sandstone compositions on diagram F3—F4 (according to: [19]). See legend in Fig. 2



териала, фигуративные точки псаммитов отчетливо сконцентрированы вблизи границы полей изверженных пород среднего и основного состава (рис. 3). Точки псаммитов верхней части енганепэйской свиты группируются в области богатых кварцем осадочных образований. Расположенная в этом поле точка песчаников из нижней части енганепэйской свиты соответствует образцу наиболее слюдистого песчаника.

По значениям гидролизатного модуля (ГМ) в соответствии с классификацией Я. Э. Юдовича и М. П. Кетрис [11] практически все песчаники относятся к типу сиаллитов, при том что большинство песчаников отчетливой свиты являются пониженно-гидролизатными породами, песчаники из нижней части енганепэйской свиты (р. Енганеяха) — нормально-гидролизатными, а из верхней части енганепэйской свиты — повышено-гидролизатными. Такая градация отражает степень седиментационной зрелости пород. Большая часть изученных псаммитов имеет значение НКМ меньше 0.3 (рис. 4, а), что является, по данным Я. Э. Юдовича и М. П. Кетрис, критерием присутствия в породе неизмененного калиевого полевого шпата [11], в соответствии с которым максимальное количество вулканогенной примеси содержится в трех образцах песчаников отчетливой свиты.

Зависимость между щелочностью и титанистостью обратная — наименее гидролизатные породы являются наиболее титанистыми. По значению титанового модуля песчаники относятся к нормотитанистым [11] породам (табл. 2; рис. 4, б). Значение титанового модуля всех енганепэйских псаммитов близко к средним значениям для песчаных пород рифея, а четырех отчетливой свиты незначительно превышают и близки к вулканомиктовым отложениям. Очевидно, что повышенная титанистость части песчаников отчетливой свиты обусловлена особенностями петрофонда и зависит от «субстратного» фактора — состава присутствующего в породах вулканогенного материала.

Значения индекса химического выветривания CIA [18], изменяющиеся в отчетливой свиты песчаниках и песчаниках из основания енганепэйской свиты от 57 до 73, отражают периодические изменения климата. В песчаниках верхней части разреза енганепэйской

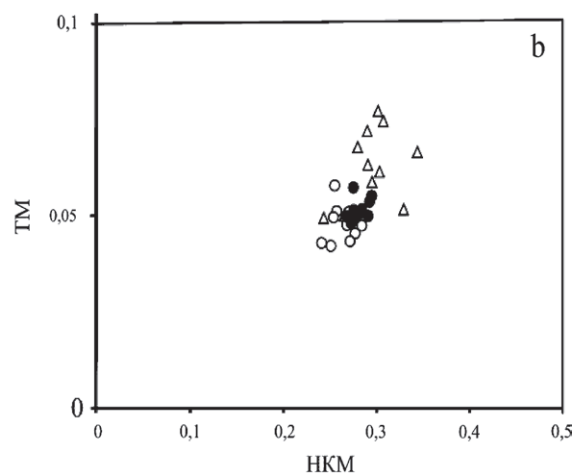


Рис. 4. Модульные диаграммы: а — ГМ—НКМ; б — НКМ—ТМ (по: [11]). Условные обозначения — на рис. 2

Fig. 4. Module diagrams: а — ГМ—НКМ; б — НКМ—ТМ (according to: [11]). See legend in Fig. 2

свиты CIA изменяются незначительно (73–77) и соответствуют обстановке гумидного климата в области размыва (табл. 2).

Индекс изменения состава ICV [14] для песчаников очетывисской свиты и нижней части енганепэйской свиты близок или превышает пороговое значение 1, характерное для незрелого обломочного материала, а для верхней части енганепэйской свиты составляет 0.77–0.82, что соответствует однородным, содержащим существенное количество глинистых минералов породам (табл. 2).

На диаграмме ICV–CIA [17] фигуративные точки песчаников выстраиваются в собственный тренд, направление которого отражает изменение соотношения гранитной и базальтовой составляющих и степень зрелости обломочного материала (рис. 5). Точки песчаников нижней части енганепэйской свиты и очетывисской свиты занимают промежуточное положение между линиями, соответствующими составам размываемых основных и кислых пород, а точки песчаников кровли енганепэйской свиты располагаются вблизи базальтового тренда.

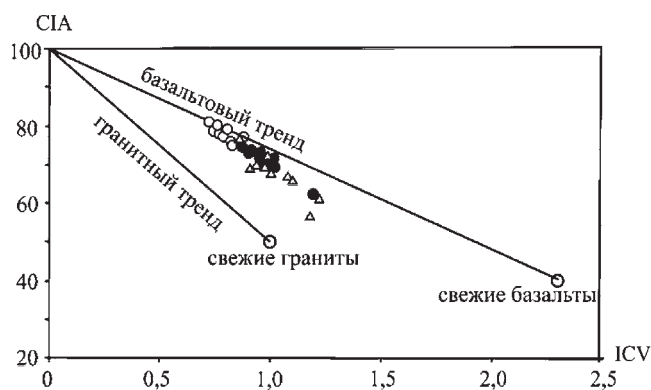


Рис. 5. Положение фигуративных точек песчаников на диаграмме ICV–CIA (по: [17])

Fig. 5. Position of figurative points of sandstones on ICV–CIA diagram (according to: [17])

Индексы выветривания CIW [15] большинства образцов песчаников очетывисской и базальных слоев енганепэйской свиты составляют 61–76 и соответствуют средней степени разложения исходных пород (табл. 2). По одному образцу песчаников из этих групп имеют значения $CIW > 80$, обусловленные значительным содержанием слюды в цементе. Максимальные значения индекса (до 98), соответствующие верхнему интервалу разреза енганепэйской свиты, указывают на вовлечение в область размыва территорий с развитой корой выветривания.

Минимальные значения соотношения Fe/Mn [8], используемого в качестве фациального индикатора для осадочных отложений, в песчаниках очетывисской свиты и нижней части енганепэйской свиты составляют 44 и 48 и соответствуют мелководным морским отложениям (табл. 2). Большинство значений этого индикаторного соотношения для изученных песчаников соответствует породам, образование которых проходило в прибрежно-морских условиях. Вещественным подтверждением мелководности бассейна являются отмечаемые всеми исследователями

знаки ряби на поверхностях напластования песчано-глинистых сланцев из верхних частей седиментационных ритмов.

Титановый модуль $(Fe+Mn)/Ti$ [10] в интервале 6.07–11.13 и алюминиевый модуль $Al/(Al+Fe+Mn)$ [13] в интервале 0.58–0.73 характеризуют породы как не содержащие примесь экзотического материала (табл. 2).

Значения калиевого модуля K_2O/Al_2O_3 [14] 0.07–0.25 соответствуют породам, сформированным преимущественно за счет рециклированного материала (табл. 2). Максимальные значения (0.21–0.25) этого параметра характерны для песчаников верхней части разреза енганепэйской свиты, а минимальные (0.07–0.08) — для нижней части енганепэйской свиты и очетывисских песчаников. Низкие значения калиевого модуля K_2O/Al_2O_3 , отражающего степень переработки материала в области размыва, соответствуют наиболее измененным процессами химического выветривания отложениям. В нашем случае минимальные значения этого модуля в песчаниках нижней части енганепэйской свиты и очетывисской свиты объясняются малым содержанием калия в размываемых вулканитах с натриевым типом щелочности.

Для выяснения палеогеодинамических условий формирования отложений построены диаграммы K_2O/Na_2O-SiO_2 [19] и F1–F2 [12], разграничивающие предполагаемые области осадконакопления на основании соотношений различных петрогенных оксидов (рис. 6).

На диаграмме SiO_2-K_2O/Na_2O [19] большинство точек песчаников очетывисской свиты и нижней части енганепэйской свиты попали в поле океанических островных дуг, а точки песчаников из кровли енганепэйской свиты распределились между полями активной и пассивной континентальных окраин (рис. 6, а). На диаграмме F1–F2 [12] почти все точки оказались в поле активной континентальной окраины и две точки попали в поле континентальной вулканической дуги (рис. 6, б). На этих диаграммах выделяются две группы точек, одну из которых составляют песчаники очетывисской свиты и нижней части енганепэйской свиты, в составе которых преобладают продукты разрушения подстилающих вулканитов среднего/основного состава при возможном присутствии незначительного количества собственно вулканогенного материала. Отдельно на диаграмме расположены точки песчаников верхней части енганепэйской свиты. В их составе участвуют и другие источники обломочного материала, в том числе разрушавшиеся древние континентальные блоки.

Обсуждение результатов

Анализ индикаторных соотношений, петрохимических модулей и расположения фигуративных точек составов песчаников на различных диаграммах показал сходство практически всех характеристик пород очетывисской свиты и нижних горизонтов енганепэйской свиты. Вещественным подтверждением сходства условий образования является присутствие в породах фрамбоидального пирита, максимальное количество

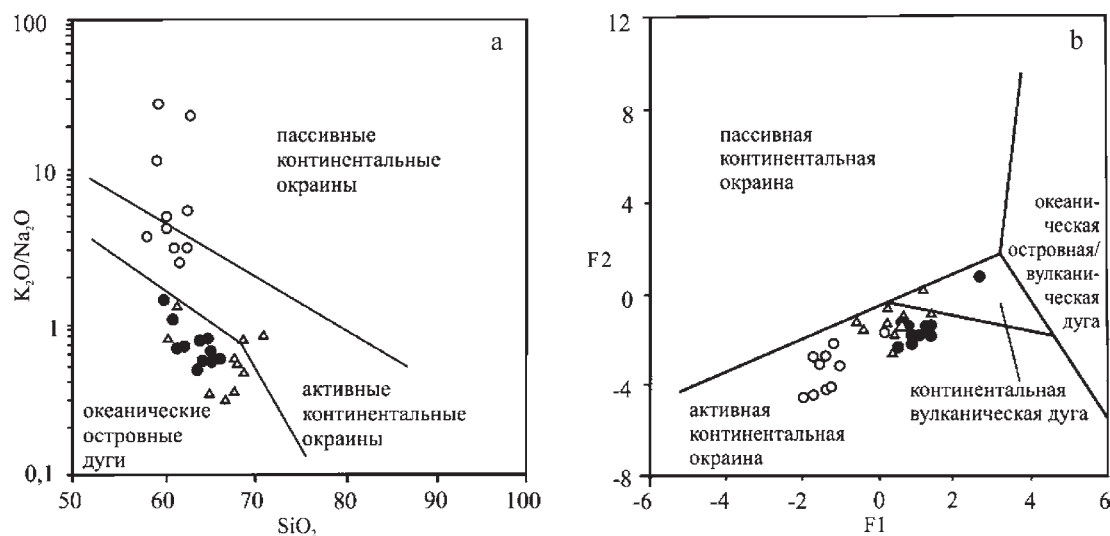


Рис. 6. Положение фигуративных точек составов песчаников на диаграмме: а — SiO_2 — $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ (по:[19]); б — F1 — F2 (по: [12]). Условные обозначения — на рис. 2

Fig. 6. Position of figurative points of sandstone compositions on diagram: а — SiO_2 — $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ (according to:[19]); б — F1 — F2 (according to:[12]). See legend in Fig. 2

которого содержится в нижней части енганепэйской свиты.

На классификационных и дискриминационных диаграммах фигуративные точки псаммитов из верхних горизонтов енганепэйской свиты образуют отдельную группу. На диаграммах, применяемых для реконструкции палеогеодинамических обстановок, фигуративные точки составов песчаников попадают в поля, соответствующие различным обстановкам (рис. 6), при том что обе диаграммы отражают снижение тектонической активности в ходе накопления толщи енганепэйской свиты. Расположение фигуративных точек этих песчаников на диаграмме SiO_2 — $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ зависит от смены источников обломочного материала — уменьшения влияния вулканитов и вовлечения в область размыва древних метаморфических пород континентальных блоков. По данным геологической съёмки, вулканиты, составляющие нижнюю часть очетывисской свиты, образовались в тыловых условиях островной дуги (Зархидзе и др., 2008 г.). Проводившие изотопное датирование детритных цирконов из песчаников основания енганепэйской свиты в юго-западной части хр. Енганепэ Н. Б. Кузнецов и соавторы [3, 4] установили, что источниками позднерифейско-вендских цирконов, составляющих 65 % от изученных зерен, являются комплексы островодужных образований протоуралид-тиманид. Разрушение бедамельских вулканитов и формирование существенно вулканомиктовых терригенных толщ енганепэйской свиты началось уже на фоне последних всплесков вулканической активности, возраст которой по цирконам составляет 552—559 млн лет и совпадает с возрастом туфов из верхней части бедамельской серии [9]. Изотопное датирование детритных цирконов средней части разреза енганепэйской свиты, проведенное А. А. Соболевой с соавторами, показало, что древние цирконы составляют лишь треть от изученного количества зерен [20]. За время накопления более чем километровой толщи енганепэйской свиты произошла постепенная стабилизация тектонического режима и смена источника

питания за счет постепенного вовлечения в область размыва территорий древних континентов, сложенных метаосадочными породами с развитыми корами выветривания.

Заключение

Обобщение полученных результатов позволяет сделать следующие выводы.

Петрохимические особенности песчаников очетывисской свиты и нижней части енганепэйской свиты имеют очевидное сходство. Терригенная часть верхнерифейской очетывисской свиты является фациальным и аналогом нижней (вендской) части енганепэйской свиты, а учитывая особенности их состава и положения в разрезе, можно предположить синхронное или весьма близкое время накопления. Для подтверждения этого предположения необходимо проведение U/Pb -датирования детритных цирконов из песчаников очетывисской свиты.

Песчаники очетывисской свиты и нижней части енганепэйской свиты формировались преимущественно за счет продуктов разрушения подстилающих вулканитов среднего/основного состава, возможно при участии незначительного количества собственно вулканогенного материала. В составе песчаников верхней части енганепэйской свиты заметную роль играли другие источники поступления обломочного материала, в том числе материал разрушавшихся древних континентальных блоков.

За время накопления енганепэйской свиты произошла постепенная смена тектонического режима, климатических условий и источников поступления обломочного материала. Петрохимические характеристики песчаников енганепэйской свиты отражают повышение снизу вверх по разрезу седиментационной зрелости осадка — от относительно железистых низкоглиноземистых, сложенных слабовыветрелым вулканомиктовым материалом, до высокоглиноземистых слюдястых разновидностей, в которых преобладают рециклированные обломки метатерригенных пород,



измененных в коре выветривания, существовавшей на древнем континенте.

Работа выполнена по теме госзадания (ГР № АААА-А17-117121270034-3) при частичной финансовой поддержке Комплексной программы фундаментальных исследований УрО РАН (проект 18-5-5-31).

Литература

1. Дембовский Б. Я. Структурно-фациальная зональность и покровы Полярного Урала и Пай-Хоя: Автореф. ... дис. канд. геол.- мин. наук. М., 1985. 22 с.
2. Дембовский Б. Я., Дембовская З. П., Ключина М. Л., Наседкина В. А. Новые данные по стратиграфии верхнего протерозоя и нижнего палеозоя западного склона севера Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1988. 62 с.
3. Кузнецов Н. Б., Куликова К. В., Удоратина О. В. Структурные особенности протоуралид поднятия Енганепэ (Полярный Урал) как отражение кембрийской коллизии Балтики и Арктиды // Докл. РАН. 2007. Т. 415. № 1. С. 77—82.
4. Кузнецов Н. Б., Натанов Л. М., Белоусова Е. А. и др. Первые результаты изотопного датирования детритных цирконов из кластогенных пород комплексов протоуралид-тиманид: вклад в стратиграфию позднего докембрия поднятия Енганепэ (запад Полярного Урала) // Докл. РАН. 2009. Т. 424. № 3. С. 363—368.
5. Никулова Н. Ю., Козырева И. В. Вещественный состав и особенности формирования метасаммитов хребта Оченырда (Полярный Урал) // Известия УрО РАН. 2016. № 4. С. 101—111.
6. Никулова Н. Ю., Шмелева Л. А., Исаенко С. И. Литологические, минералогические и петрохимические особенности песчаников верхнедевонско-нижнекембрийской енганепэской свиты (хр. Енганепэ, Полярный Урал) // Отечественная геология. 2017. № 3. С. 58—68.
7. Петтидзхон Ф., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники. Москва: Мир, 1976. 536 с.
8. Розен О. М., Журавлев Д. З., Ляпунов С. М. Геохимические исследования осадочных отложений Тимано-Печорской провинции // Разведка и охрана недр. 1994. № 1. С. 18—21.
9. Соболева А. А., Удоратина О. В., Кузнецов Н. Б., Миллер Е., Гроув М. Возраст покровной фации наиболее поздних вулканитов доуралид Полярного Урала по данным U-Pb-датирования цирконов // От минералогии до геохимии: Сборник научных трудов к 130-летию со дня рождения акад. А. Е. Ферсмана. АР Крым, 2013. С. 192—194.
10. Страхов Н. М. Проблемы геохимии современного океанского литогенеза. М.: Наука, 1976. 300 с.
11. Юдович Я. Э., Кетпис М. П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
12. Bhatia M. R. Plate tectonic and geochemical composition of sandstones // The Journal of Geology. 1983. V. 91. № 6. P. 611—627.
13. Bostrom K. The origin and fate of ferromanganoan active ridge sediments / Stockholm Contrib. Geol. 1973. V. 27. No. 2. P. 148—243.
14. Cox R., Lowe D. R. Controls of sediment composition on a regional scale: a conceptual review / J. Sed. Res. 1995. V. 65. P. 1—12.
15. Harnois L. The CIW index: a new chemical index of weathering / Sed. Geol. 1988. V. 55. No. 3/4. P. 319—322.
16. Herron M. M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data / J. Sed. Petrol. 1988. V. 58. P. 820—829.

17. Lee Y. I. Provenance derived from the geochemistry of late Paleozoic-early Mesozoic mudrocks of the Pyeongann Supergroup, Korea // Sedimentary Geology. 2002. V. 149. P. 219—235.

18. Nesbitt H. W., Young G. M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // Nature. 1982. V. 299. P. 715—717.

19. Roser B. P., Korsch R. J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio // The Journal of Geology. 1986, V. 94. № 5. P. 635—650.

20. Soboleva A. A., Udoratina O. V., Miller E. L., Grove M., Gehrels G. E. Magmatic source rocks for late Neoproterozoic-early Cambrian of the Enganepe Uplift, western Polar Urals/ abstracts AGU—2010/ 2010 AGU Fall meeting 13—17 December, San Francisco, California, USA, T. 31A—2134.

References

1. Dembovsky B. Ya. *Strukturno-fatsialnaya zonalnost i pokrovy Polyarnogo Urala i Pai-Hoya* (Structural facies zonality and cover of Polar Urals and Pay-Khoy): Extended abstract of PhD thesis. Moscow: 1985, 22 pp.
2. Dembovsky B. Ya., Dembovskaya Z. P., Klyuzhina M. L., Nasedkina V. A. *Novye dannye po stratigrafii verhnego proterozoya i nizhnego paleozoya zapadnogo sklona severa Urala* (New data on stratigraphy of Upper Proterozoic and Lower Paleozoic of western slope of north of Urals). Sverdlovsk, UrB USSR AS, 1988, 62 pp.
3. Kuznetsov N. B., Kulikova K. V., Udoratina O. V. *Strukturnye osobennosti protouralid podnyatiya Engane-pe (Polyarnyi Ural) kak otrazhenie kembriiskoi kollizii Baltiki i Arktidy* (Structural features of protouralides of Engana-Pe Uplift (Polar Urals) as reflection of Cambrian collision of Baltics and Arctide). Doklady Earth Sciences, 2007, V. 415, No.1, pp. 77—82.
4. Kuznetsov N. B., Natapov L. M., Belousova E. A. et al. *Pervye rezultaty izotopnogo datirovaniya detritnykh tsirkonov iz klas-togennykh porod kompleksov protouralid-timanid: vklad v stratigrafiyu pozdnego dokembriya podnyatiya Engane-Pe (zapad Polyarnogo Urala)* (First results of isotope dating of detrital zircons from clastogenic rocks of protouralide-timanide complexes: contribution to stratigraphy of Late Precambrian Engane-Pe uplift (western polar urals). Doklady Earth Sciences, 2009, V. 424, No. 3, pp. 363—368.
5. Nikulova N. Yu., Kozyreva I. V. *Veschestvennyi sostav i osobennosti formirovaniya metapsammitov hrebta Ochenyrd (Polyarnyi Ural)* (Material composition and features of formation of metapsammites of Ochenyrd Ridge (Polar Urals). Izvestiya UB RAS, 2016, No. 4, pp. 101—111.
6. Nikulova N. Yu., Shmeleva L. A., Isaenko S. I. *Litologicheskie, mineralogicheskie i petrohimicheskie osobennosti peschani- kov verhnenevndsko-nizhnkembriiskoi enganapeiskoi svity (hr. Engane-Pe, Polyarnyi Ural)* (Lithological, mineralogical and petrochemical features of sandstones of Upper Devonian-Lower Cambrian Engane-Pe suite (Engane-Pe ridge, Polar Urals). Otechestvennaya geologiya, 2017, No. 3, pp. 58—68.
7. Pettidzhon F., Potter P., Siver R. *Peski i peschaniki* (Sands and sandstones). Moscow: Mir, 1976, 536 pp.
8. Rozen O. M., Zhuravlev D. Z., Lyapunov S. M. *Geochimicheskie issledovaniya osadochnykh otlogeny Timano-Pecherskoy provintzii* (Geochemical studies of sedimentary deposits in the Timan-Pechora province). *Razvedka I ochrana nedr* (Exploration and protection of mineral resources). 1994, No 1, pp. 18—21.
9. Soboleva A. A., Udoratina O. V., Kuznetsov N. B., Miller E., Grouv M. *Vozrast pokrovnoi fatsii naibolee pozdnykh vulkanitov douralid Polyarnogo Urala po dannym U-Pb datirovaniya*



tsirkonov (Age of cover facies of the latest vulcanites of preuralides of Polar Urals according to U-Pb data of zircons). Beregovoe, AR Krym, 2013, pp. 192–194.

10. Strachov N. M. *Problemy geokhimii sovremennogo okeanskogo litogeneza* (Problems of Geochemistry of modern oceanic lithogenesis). Moscow: Nauka, 1976, 300 p.

11. Yudovich Y. E., Ketris M. P. *Osnovy litokhimii* (Basics of litochemistry). St. Petersburg, Science, 2000, 479 p.

12. Bhatia M.R. Plate tectonic and geochemical composition of sandstones. *The Journal of Geology*. 1983, V. 91, No. 6, pp. 611–627.

13. Bostrom K. The origin and fate of ferromanganoan active ridge sediments. *Stockholm Contrib. Geol.* 1973, V. 27, No. 2, pp. 148–243.

14. Cox R., Lowe D. R. Controls of sediment composition on a regional scale: a conceptual review. *J. Sed. Res.* 1995, V. 65, pp. 1–12.

15. Harnois L. The CIW index: a new chemical index of weathering. *Sed. Geol.* 1988, V. 55, No. 3/4, pp. 319–322.

16. Herron M. M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. *J. Sed. Petrol.* 1988, V. 58, pp. 820–829.

17. Lee Y. I. Provenance derived from the geochemistry of late Paleozoic-early Mesozoic mudrocks of the Pyeongann Supergroup, Korea. *Sedimentary Geology*, 2002, V. 149, pp. 219–235.

18. Nesbitt H. W., Young G. M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature*, 1982, V. 299, pp. 715–717.

19. Roser B. P., Korsch R. J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio. *The Journal of Geology*. 1986, V. 94, No. 5, pp. 635–650.

20. Soboleva A. A., Udoratina O.V., Miller E. L., Grove M., Gehrels G. E. Magmatic source rocks for late Neoproterozoic-early Cambrian of the Enganepe Uplift, western Polar Urals/ abstracts AGU-2010/ 2010 AGU Fall meeting 13–17 December, San Francisco, California, USA, T. 31A-2134



Арктический вектор геологических исследований Arctic vector of geological research

УДК 523.681.8, 535.375.54, 539.264, 539.213

DOI:10.19110/2221-1381-2018-3-26-31

ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ ИМПАКТНЫХ СТЕКОЛ КАРСКОЙ АСТРОБЛЕМЫ

С. И. Исаенко, Б. А. Макеев, Т. Г. ШумиловаИнститут геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар;
s.i.isaenko@gmail.com

Исследование структурно-фазового состояния слабоупорядоченных веществ значительно затрудняется из-за отсутствия в их структуре дальнего порядка. Методами рентгеновской дифракции и рамановской спектроскопии были исследованы образцы импактных стекол Карской астроблемы. Установленная методом рентгеновской дифракции аморфная природа исследованных образцов импактитов из жилородных тел подтверждена спектроскопией комбинационного рассеяния света. Разработанная методика порошковой дифракции позволяет исследовать аморфное вещество и может быть использована при изучении импактных стекол и других слабоупорядоченных веществ.

Ключевые слова: импактные стекла, Карская астроблема, рентгеновская дифракция, спектроскопия комбинационного рассеяния света.

THE PECULIARITIES OF STRUCTURAL-PHASE STATE RESEARCH OF IMPACT GLASSES FROM THE KARA ASTROBLEME

S. I. Isaenko, B. A. Makeev, T. G. Shumilova

Institute of Geology Komi SC UB RAS, Syktyvkar

Researches of the structure-phase state of weakly ordered substances are significantly hampered by the absence of long-range order in their structure. Methods of X-ray diffraction and Raman spectroscopy to study samples of impact glasses of the Kara astrobleme were used. The amorphous nature of the studied samples of impactites from vein-like bodies established by X-ray diffraction was confirmed by Raman spectroscopy. The developed powder diffraction technique allows to study an amorphous substance and can be used in the study of impact glasses and other weakly ordered substances.

Keywords: impact glasses, Kara astrobleme, X-ray diffraction, Raman spectroscopy.

Введение

Импактные стекла в астроблемах являются одним из достаточно слабо изученных объектов, но потенциально интересных с точки зрения возможного реликтового сохранения признаков ультравысокобарной структуры. Применительно к Карской астроблеме импактные стекла были описаны в общих чертах в работе [2], а также было проведено достаточно детальное исследование диаплектовых (нерасплавных) стекол В. П. Лютоевым [5]. Однако обнаружение расплавных ультравысокобарных стекол среди карских импактитов [9, 13] открывает новые перспективы как для раскрытия модели формирования астроблемы, так и для решения фундаментальных вопросов состояния вещества в экстремальных условиях.

Как известно, отсутствие дальнего порядка в структуре слабоупорядоченных веществ приводит к тому, что многие методы исследования минерального вещества, полностью применимые для кристаллов, в данном случае работают с некоторыми ограничениями, иной раз существенными [3].

Несмотря на то, что для анализа строения слабоупорядоченных веществ чаще используется малоугловое рассеяние рентгеновских лучей [1, 7, 8, 11, 14], обычные дифракционные методы [4, 6] также могут быть в определенной мере информативны. При сонахождении аморфной и кристаллической

компонент дифракционные методы позволяют оценить количественное соотношение упорядоченной и неупорядоченной составляющих в анализируемом материале, что имеет важное значение для его характеристики [12].

При изучении минерального вещества возникают сложности, чаще всего связанные с его ограниченным количеством. Например, в случае с минеральными фракциями материала на практике можно анализировать тонкий слой порошка, напыленного на поверхность подложки. При этом для структурно слабоупорядоченных материалов условие разориентирования образца не нарушается ввиду отсутствия преимущественных ориентировок в аморфном веществе. В качестве подложки для этого часто используется обычное препаративное кварцевое стекло — аморфный материал. Небольшой слой препарата в случае исследования неупорядоченных веществ позволяет избежать уширения линий за счет дифракции с более глубоких слоев. Однако использование в качестве подложки препаративного стекла не позволяет изучать аморфные вещества силикатного состава ввиду схожести дифрактограмм анализируемого материала и подложки. В связи с этим нами предлагается оригинальный подход к изучению малых количеств слабоупорядоченных веществ, в частности импактных стекол, путем комбинированной съемки с использованием подложек из различных материалов.



Объекты исследований и методы

В качестве анализируемого материала нами были использованы образцы импактных стекол Карской астроблемы, отобранные в ходе геологической экспедиции 2015 г. в бассейне р. Кара [9, 13]. Исследования проводились в ЦКП «Геонаука» (г. Сыктывкар, ИГ Коми НЦ УрО РАН).

Отработка методики рентгенофазовых исследований малых количеств вещества с применением порошковой дифракции была выполнена на дифрактометре Shimadzu XRD-6000. Условия съемки: Cu-анод, ток — 30 mA, напряжение — 30 kV, фильтр Ni, шаг сканирования 2θ — 0.05, скорость съемки — 1 гр./мин). В качестве подложек вместо стандартных кювет для порошковой дифрактометрии при комбинированной съемке были использованы обычные препаровальные силикатные стекла с плоской полированной поверхностью, а также плоские алюминиевые пластины.

С целью контроля фазового состава фазово-неоднородных импактных стекол, проявляющегося присутствием микроразмерных кристаллических фаз, нами была применена рамановская спектроскопия (КР) для анализа отдельных локальных областей размером около 4 мкм². Регистрация спектров КР выполнялась на высокоразрешающем микроспектрометре LabRam HR 800 (Horiba Jobin Yvon). Условия регистрации спектров: решетка монохроматора — 600 ш/мм, конфокальное отверстие — 300 мкм, щель — 100 мкм, время экспозиции — 10 с, количество циклов накопления сигнала — 3, мощность Ar⁺ лазера ($\lambda = 488$ нм) — 1.2 мВт. Размер анализируемой области образца составлял 2.5 мкм. Регистрация спектров осуществлялась при комнатной температуре. Анализировались полированные поверхности в отраженном свете с помощью микроскопа Olympus BX41 при увеличении $\times 100$.

Результаты

Подготовка препарата

Прежде всего необходимо тщательно подготовить образцы для дифракционной съемки [4]. Для отистики растирочной ступки и держателей образца, лучшего усреднения, перемешивания материала и удержания пылевидных частиц от разлета при растирке, а также для закрепления на держателе образца нами использовался этиловый спирт.

При помощи ваты или чистой салфетки, насыщенной спиртом, производится очищение поверхности подложки/держателя образца. Аналогичным способом производится очищение вспомогательных инструментов, используемых для приготовления образца (ступки, пестики, иглы и т. п.). Подобная обработка необходима для предотвращения загрязнения образца посторонними примесями. Данная процедура производится для каждого препарата с использованием одноразовых протирающих средств непосредственно перед исследованием образца. Перед нанесением на поверхность подложки образец растирается в агатовой или яшмовой ступке до однородного порошка с добавлением спирта, чтобы предотвратить рассыпание (разлетание) частиц порошка. Количество спирта, используемого для приготовления одного препарата, должно быть достаточным для получения суспензии, что обычно составляет 0.5–1 мл в зависимости от

количества материала. Полученная суспензия переносится на плоский держатель, желательно с помощью одноразовой пипетки. После высыхания спирта препарат готов для проведения анализа.

Для очень малых количеств материала (в т. ч. для единичных зерен) возможно его измельчение между двумя покровными стеклами в капле спирта. В этом случае в процессе высыхания спирта при помощи иглы или другого инструмента возможно придание образцу необходимого расположения на держателе.

После съемки дифрактограммы на первом держателе тот же самый образец вновь переводится в спиртовую суспензию и переносится на вторую подложку. Необходимо при этом максимально избегать потерь материала и обеспечить равномерное распределение анализируемого препарата на поверхности держателя для соблюдения корректности последующей съемки.

Дифракционная съемка

При рентгенофазовом анализе малого количества материала на дифрактограмме могут появляться дополнительные линии или гало, принадлежащие подложке, следовательно, для получения надежных аналитических данных необходимо минимизировать этот техногенный фактор.

Дифрактограмма силикатного стекла, используемого в качестве подложки/держателя образца, характеризуется наличием широкого гало в области углов $2\theta = 10$ – 37° с максимумом около 24° . Тем самым дифрактограмма подложки схожа с дифрактограммами анализируемых импактных стекол силикатного и алюмосиликатного составов. Поэтому съемка дифрактограмм нами проводилась в 2 этапа: первоначально в диапазоне $2\theta = 10$ – 37° на алюминиевом держателе, который в этой области не проявляет дифракционных рефлексов; затем тот же образец переносился на держатель из силикатного стекла, и съемка производилась в диапазоне $2\theta = 37$ – 60° . При необходимости использования углов большей величины съемка может быть продолжена ввиду отсутствия у силикатного стекла дифрагирующих областей в дальнеугловом диапазоне.

На следующем этапе производилась сшивка двух фрагментов рентгенограмм с использованием стандартного программного обеспечения (XRD Profile Mix, Version 2.6). Таким образом, использование держателей образца, дифрагирующих в разных областях, позволило минимизировать вклад подложки в результирующую дифрактограмму (рис. 1).

В результате применения разработанной нами методики согласно полученной результирующей дифрактограмме в образце импактного стекла Kp15-2-15 были диагностированы стекло, кварц, коэсит, минералы группы полевых шпатов, слюд и смектит, а также хлорит, кальцит (рис. 1, 2).

При дальнейшей обработке дифрактограмм нами была оценена степень кристалличности изученных образцов по соотношению интегральных интенсивностей аморфной и кристаллической фаз в дифрактограмме (см. таблицу). Разложение дифрактограмм на компоненты производилось в программе LabSpec 5.26. Так, для образца KR15-12-118 степень кристалличности варьирует в разных зонах от 0 до 71 %, что показывает существенную неоднородность образца.

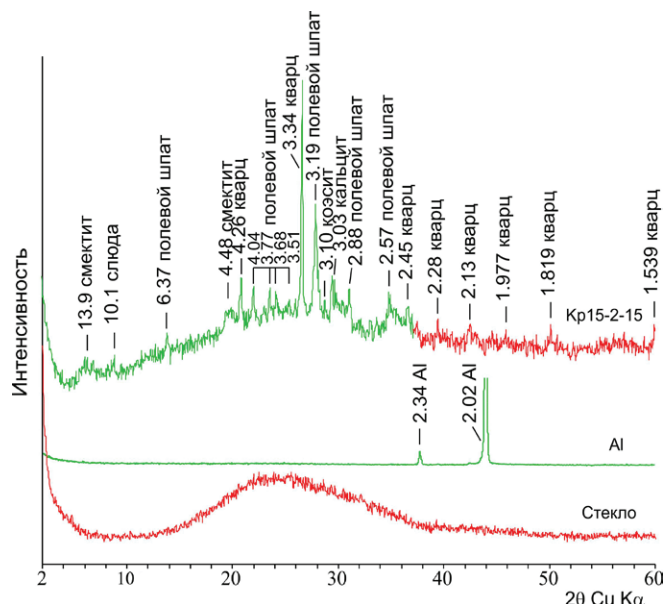


Рис. 1. Дифрактограммы держателей образца и импактного стекла, снятого комбинированным способом на двух подложках

Fig. 1. Diffraction patterns of sample holders and impact glass registered in a combined way on two substrates

Поскольку интенсивность линий в дифрактограмме различных веществ зависит от большого числа факторов, то данная методика может быть использована только для качественной оценки кристаллической составляющей в стеклах и стеклоподобных средах.

Локальные исследования с применением рамановской спектроскопии

Фазовое состояние изученных методом рентгенофазового анализа образцов импактных стекол было проконтролировано методом рамановской спектроскопии. Анализ производился в оптически различных по цвету и морфологии неоднородностях.

После декомпозиции полученных КР-спектров сверткой функции Гаусса — Лоренца в стандартной

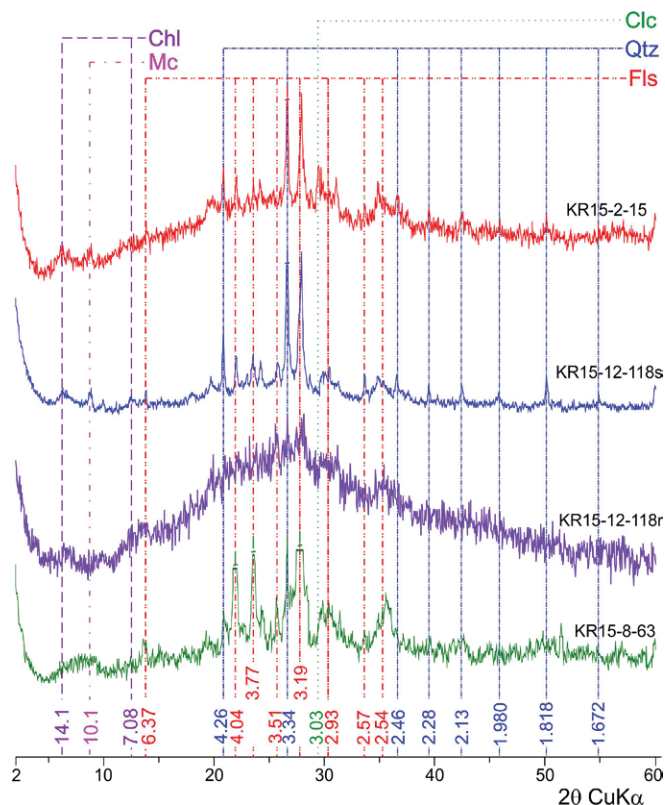


Рис. 2. Дифрактограммы образцов импактных стекол. Обозначения: Chl — хлорит, Clc — кальцит, Qtz — кварц, Fls — полевошпат, Mc — слюда

Fig. 2. Diffraction patterns of samples of impact glasses. Designations: Chl — chlorite, Clc — calcite, Qtz — quartz, Fls — feldspar, Mc — mica

программе обработки спектров LabSpec 5.26 в образце тагамита KR15-8-63 диагностированы альбит, энстатит, углеродное вещество, кристобаллит и анатаз (рис. 3).

В КР-спектрах образца KR15-12-118a идентифицированы стекло (487, 598, 685, 993 cm^{-1}), вода (3572 cm^{-1}) (рис. 4, а); анатаз (144 cm^{-1}), УВ (1358, 1609 cm^{-1}) и вода (3528 cm^{-1}) (рис. 4, б). Кроме того,

Степень кристалличности (%) образцов Карской астроблемы Degree of crystallinity (%) of Kara astroblem

Образец Sample	Характеристика Charateristics	Кристалличность, % Crystallinity, %
KR15-2-15	Импактное стекло с малой примесью кристаллической компоненты Impact glass with small admixture of crystalline component	15
KR15-12-118r	Импактное стекло Impact glass	0
KR15-12-118s	Импактное стекло с высокой долей кристаллической компоненты Impact glass with large admixture of crystalline component	71
KR15-8-63	Тагамит с высокой долей кристаллической компоненты Tagamite with large admixture of crystalline component	63

Примечание: $C = I_C / (I_A + I_C) * 100$, где C — кристалличность (%), I_C — интегральная интенсивность кристаллической компоненты (сумма площадей всех пиков кристаллических фаз), I_A — интегральная интенсивность аморфной составляющей (площадь фигуры под базовой линией) [12].

Note: $C = I_C / (I_A + I_C) * 100$, where C is the crystallinity (%), I_C is the integrated intensity of the crystalline component (the sum of the areas of all the peaks of the crystalline phases), I_A is the integrated intensity of the amorphous component (the area of he figure below the baseline) [12]



во всем диапазоне регистрации представленных спектров КР наблюдается интенсивная бесструктурная полоса люминесценции.

В КР-спектрах образца KR15-2-15a диагностированы: коэзит (118, 177, 271, 521 cm^{-1}) (рис. 5, а, б, с); коэзит, стекло и вода (рис. 5, с); авгит (рис. 5, д). Кроме того, спектры осложнены люминесценцией во всем диапазоне (рис. 5, а, б). На рисунке 6 приведено изображение кристаллов авгита в аморфной матрице стекла.

При более подробном изучении КР-спектра KR15-2-15_p6 были выделены широкие полосы (340, 426, 477, 485, 798, 1083, 1210 cm^{-1}), характерные для стекла SiO_2 , и узкие линии коэзита (114, 175, 204, 270, 426, 520 cm^{-1}). Кроме того, в спектре присутствуют интенсивные полосы с максимумами при 3489, 3590,

3665 cm^{-1} (рис. 7, б), характерные для H_2O . Достаточно узкие полосы воды скорее связаны с ее вхождением в структуру стекла, в которой вода может связываться нескомпенсированными связями стеклообразующих структурных элементов.

Малоинтенсивные полосы 1041, 1146, 1438, 1589, 1688 cm^{-1} (рис. 7, а) принадлежат аморфной органической составляющей, содержащейся в импактном стекле, что согласуется с результатами мессбауэровской спектроскопии [13].

Рамановская спектроскопия подтвердила аморфную природу исследованных образцов импактитов из жилоподобных тел. Локальные исследования не выявили кварц непосредственно в качестве продукта раскристаллизации импактного расплава, это указывает на то, что присутствующие рентгеновские дифракци-

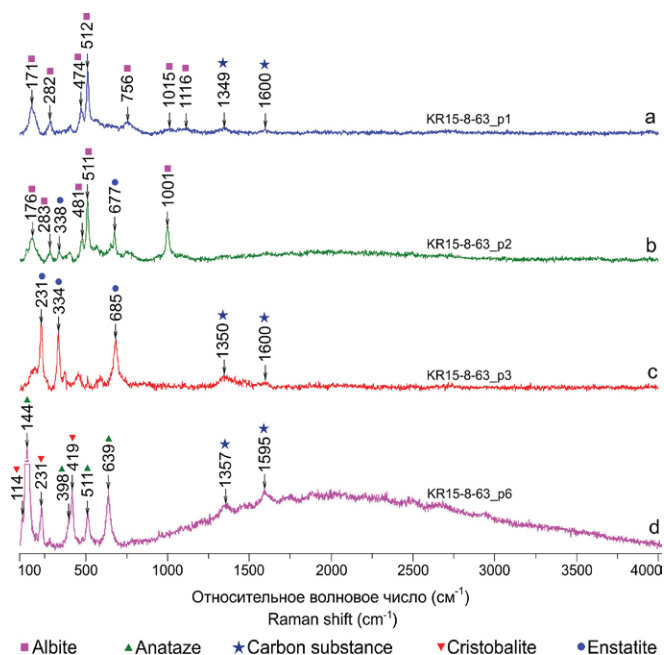


Рис. 3. Рамановские спектры образца тагамита KR15-8-63 в разных точках анализа

Fig. 3. Raman spectra of Tagamit sample KR15-8-63 at different points of analysis

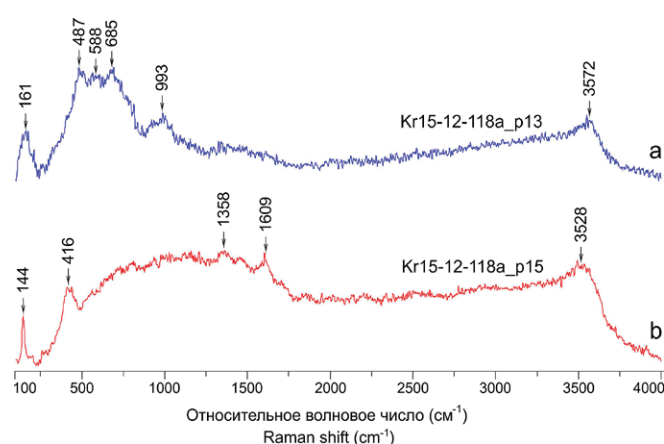


Рис. 4. Рамановские спектры образца импактного стекла KR15-12-118 в разных точках

Fig. 4. Raman spectra of a specimen of impact glass KR15-12-118 at different points

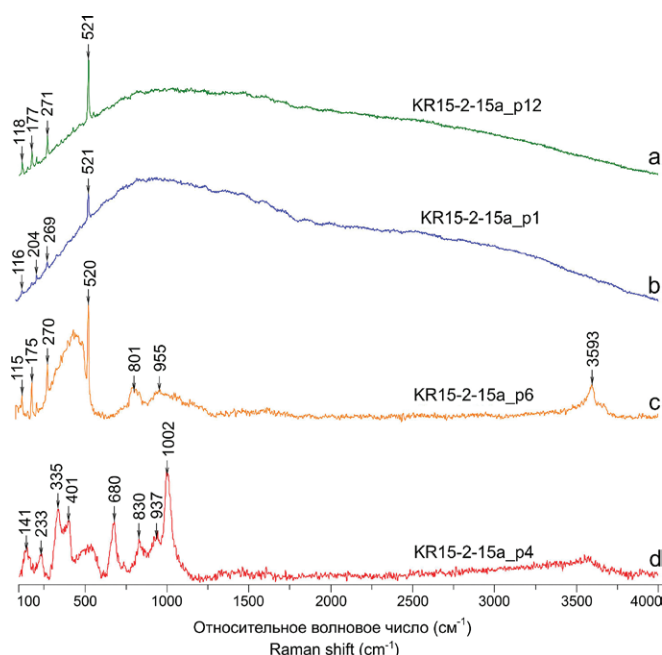


Рис. 5. Рамановские спектры образца импактного стекла KR15-2-15a, точки наблюдения 12, 1, 6, 4

Fig. 5. Raman spectra of a specimen of impact glass KR15-2-15a, observation points 12, 1, 6, 4

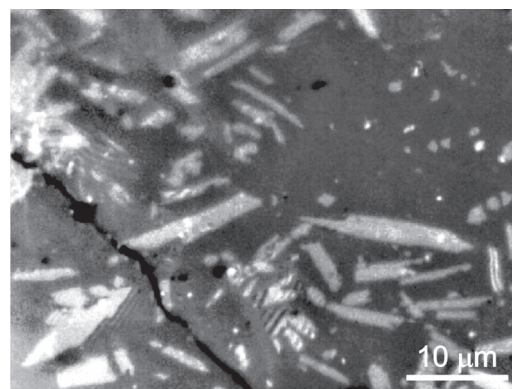


Рис. 6. Изображение анализируемой области поверхности образца КР2-15 в отраженном свете. На фоне аморфной матрицы видны отчетливые очертания частиц авгита

Fig. 6. Image of the analyzed region of the sample surface KR2-15 in reflected light. Against the background of an amorphous matrix, the distinct outlines of the augite particles are visible

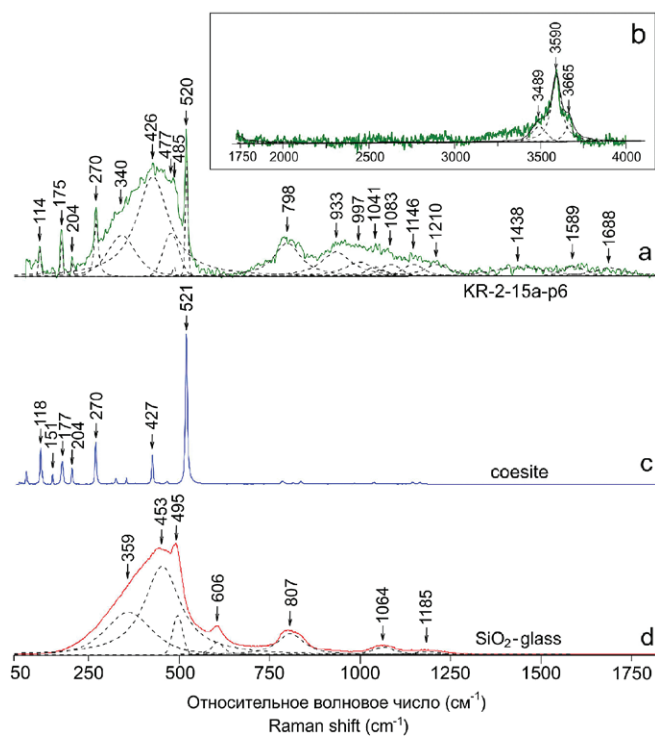


Рис. 7. Рамановские спектры: а — импактное стекло, спектр KR2-15a-p6, б — высокочастотная область того же спектра; эталонные спектры из базы данных RRUFF. INFO — коэсит (с), SiO₂—стекло (д)

Fig. 7. Raman spectra: а — impact glass, spectrum KR2-15a-p6, б — high-frequency region of the same spectrum; reference spectra from the database RRUFF. INFO — coesite (с), SiO₂—glass (д)

онные рефлексы кварца на дифрактограммах, скорее всего, связаны с кварцсодержащими обломками осадочных пород мишени, содержащимися в импактном стекле. Кроме того, с помощью рамановской спектроскопии надежно диагностировано присутствие коэсита, остальные минеральные фазы находились в интенсивно люминесцирующих зонах, что не позволило зарегистрировать их КР-спектры.

Выводы

В ходе исследования малообъемных монофракций импактных стекол Карской астроблемы нами разработана методика порошковой дифракции, которая заключается в последовательном использовании плоских подложек из различных материалов для отдельных участков дифрактограммы. Предлагаемый способ позволяет минимизировать перекрытие сигнала от анализируемого материала и держателя образца и может быть использован для дальнейшего более детального изучения импактных стекол и других слабоупорядоченных веществ.

Кроме того, проведенные исследования также демонстрируют возможность рентгенофазовой диагностики и для малых количеств кристаллических веществ. Однако для последних следует учесть вероятность преимущественной ориентировки частиц, что имеет существенное значение и должно быть обязательно учтено при интерпретации данных.

Работа выполнена в рамках проекта Российского научного фонда № 17-17-01080.

Литература

1. Голубев Е. А., Уляшев В. В., Велигжанин А. А. Пористость и структурные параметры шунгитов Карелии по данным малоуглового рассеяния синхротронного излучения и микроскопии // Кристаллография. 2016. Т. 61. № 1. С. 74—85.
2. Импактные кратеры на рубеже мезозоя и кайнозоя: Сб. ст. / Ред. В. Л. Масайтис. Л.: Наука, 1990. 191 с.
3. Лебедева С. М. Состав, структура и спектроскопия океанических базальтовых стекол: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Екатеринбург, 2009.
4. Лисойван В. И., Громилов С. А. Аспекты точности в дифрактометрии поликристаллов. Новосибирск: Наука; Сиб. отд. 1989. 243 с.
5. Лютеев В. П., Лысюк А. Ю. Структура и текстура кремнезема импактитов Карской астроблемы // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2015. № 9. С. 24—32.
6. Пушаровский Д. Ю. Рентгенография минералов. М: Геоинформмарк, 2000. 292 с.
7. Свергун Д. И., Фейгин Л. А. Рентгеновское и нейтронное малоугловое рассеяние. М.: Наука, 1986. 279 с.
8. Уляшев В. В. Структурные особенности импактных стекол с применением малоуглового рассеяния синхротронного излучения // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Материалы 26-й науч. конф. Сыктывкар. 2017. С. 240—242.
9. Шумилова Т. Г., Исаенко С. И., Макеев Б. А., Zubov A. A., Шанина С. Н., Тропников Е. М., Асхабов А. М. Ультравысокобарная ликвация импактного расплава // Доклады Академии наук. Т. 480. № 1. С. 90—93. DOI: 10.7868/S0869565218130182.
10. Ferrari A. C., Robertson J. Raman spectroscopy of amorphous, nanostructured, diamond-like carbon, and nano-diamond // Phil Trans R Soc Lond A. 2004. V. 362. P. 2477—2512.
11. Glatter O., Kratky O. Small-Angle X-ray Scattering. London: Academic Press Inc. Ltd. 1982. 515 p.
12. Rowe M. C., Ellis B. S., and Lindeberg A. Quantifying crystallization and devitrification of rhyolites by means of X-ray diffraction and electron microprobe analysis. American Mineralogist. 2012. V. 97. pp. 1685—1699.
13. Shumilova T. G., Lutoev V. P., Isaenko S. I., Kovalchuk N. S., Makeev B. A., Lysiuk A. Yu., Zubov A. A. Spectroscopic features of ultrahigh-pressure impact glasses of the Kara astrobleme // Scientific reports, 2018. 8:6923. DOI:10.1038/s41598-018-25037-z.
14. Stasio S., Mitchell B., Garrec J. L., Biennier L., Wulff M. Synchrotron SAXS Identification of Three Different Size Modes for Soot Nanoparticles in a Diffusion Flame. Carbon, Elsevier. 2006. 44 (7). pp. 1267—1279.

References

1. Golubev Ye. A., Ulyashev V. V., Veligzhanin A. A. Porosity and structural parameters of Karelia shungites according to small angle scatterings of synchrotron study and microscopy. Crystallography, 2016, V. 61, No 1, pp. 74—85.
2. Impaktnyye kratery na rubezhe mezozoya i kaynozoya (Impact craters at Mesozoic/Cenozoic boundary). Collection of articles. Ed. Masaytis V. L., Leningrad: Nauka, 1990, 191 pp.
3. Lebedeva S. M. Sostav, struktura i spektroskopiya okeanicheskikh bazal'tovykh stekol (Composition, structure and spec-



troscopy of oceanic basalt glasses). Extended abstract of PhD dissertation. Ekaterinburg, 2009.

4. Lisoyan V. I., Gromilov S. A. *Aspekty tochnosti v diffraktometrii polikristallov* (Aspects of precision and diffraction survey of polycrystals). Novosibirsk: Nauka, Siberia department, 1989, 243 p.

5. Lyutoev V. P., Lysyuk A. Yu. *Struktura i tekstura kremnezema impaktitov Karskoy astroblemy* (Structure and texture of silica of impactites of Kara astrobleme). Vestnik of institute of geology Komi SC UB RAS, 2015, No. 9, pp.24–32.

6. Pushcharovskiy D. Yu. *Rentgenografiya mineralov* (Minerals X-ray patterns). Moscow: ZAO «Geoinformmark», 2000, 292 p.

7. Svergun D. I., Feygin L. A. *Rentgenovskoye i neytronnoye malouglovoye rasseyaniye* (X-ray and neutron small angle scattering). Moscow: Nauka, 1986, 279 p.

8. Ulyashev V. V. *Strukturnyye osobennosti impaktnykh stekol s primeneniym malouglovogo rasseyaniya sinkhrotronnogo izlucheniya* (Structural features of impact glasses with use of small angle scattering of synchrotron irradiation) Proceedings of conference, Syktyvkar, 2017, p. 240–242.

9. Shumilova T. G., Isaenko S. I., Makeev B. A., Zubov A. A., Shanina S. N., Tropnikov Ye. M., Askhabov A. M.

Ultravysokobarnaya likvatsiya impaktnogo rasplava (Ultra high pressure liquation of impact melt). Doklady Earth Sciences. 2018. Tom 480. № 1. C. 90–93. DOI: 10.7868/S0869565218130182.

10. Ferrari A. C., Robertson J. Raman spectroscopy of amorphous, nanostructured, diamond-like carbon, and nano-diamond. Phil Trans R Soc Lond A, 2004, V. 362, pp. 2477–2512.

11. Glatter O., Kratky O. Small-Angle X-ray Scattering. London: Academic Press Inc. Ltd, 1982, 515 p.

12. Rowe M. C., Ellis B. S., and Lindeberg A. Quantifying crystallization and devitrification of rhyolites by means of X-ray diffraction and electron microprobe analysis. American Mineralogist, 2012, V. 97, pp. 1685–1699.

13. Shumilova T. G., Lutoev V. P., Isaenko S. I., Kovalchuk N. S., Makeev B. A., Lysiuk A. Yu., Zubov A. A. Spectroscopic features of ultrahigh-pressure impact glasses of the Kara astrobleme. Scientific reports, 2018. 8:6923. DOI:10.1038/s41598-018-25037-z.

14. Stasio S., Mitchell B., Garrec J. L., Biennier L., Wulff M. Synchrotron SAXS Identification of Three Different Size Modes for Soot Nanoparticles in a Diffusion Flame. Carbon, Elsevier, 2006, 44 (7), pp.1267–1279.



Арктический вектор геологических исследований Arctic vector of geological research

УДК 549 (67+057)

DOI: 10.19110/2221-1381-2018-3-32-37

POROSITY AND SORPTION PROPERTIES OF ZEOLITES SYNTHESIZED FROM COAL FLY ASH

D. A. Shushkov¹, I. I. Shuktomova², N. G. Rachkova², M. Harja³¹ Institute of Geology Komi SC UB RAS, Syktyvkar, Russia, *dashushkov@geo.komisc.ru*² Institute of Biology Komi SC UB RAS, Syktyvkar, Russia, *shuktomova@ib.komisc.ru*³ "Gheorghe Asachi" Technical University of Iasi, Iasi, Romania, *mharja@tuiasi.ro*

Coal fly ash generated from the combustion of coal to produce energy and heat is an industrial waste, which huge accumulations represent a serious environmental threat. Development of technologies for its utilization is an actual problem. In the context of possible environmental and economic risks, the use of sorbents based on coal fly ash for wastewater treatment is an alternative to industrial materials. The article presents the results of experimental studies of zeolites obtained by a hydrothermal autoclave method from coal fly ash of from a thermal power station (the town of Vorkuta). The initial coal fly ash and synthesized materials were characterized by scanning electron microscopy, X-ray diffractometry, etc. The specific surface area, the volume of micro- and mesopores, the total pore volume of synthesized zeolites were determined. Experimental results have shown that new materials can be successfully used to extract ammonium, barium, strontium and natural radioactive elements: uranium, radium, thorium from aqueous solutions.

Keywords: zeolites, sorption, coal fly ash, radionuclides, ammonium, barium, strontium.

ПОРИСТОСТЬ И СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЦЕОЛИТОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ ИЗ УГОЛЬНОЙ ЗОЛЫ УНОСА

Д. А. Шушков¹, И. И. Шуктомова², Н. Г. Рачкова², М. Харжа³¹ Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия³ Технический университет им. Г. Асаки, г. Яссы, Румыния

Зола уноса, образующаяся при сжигании угля для производства энергии и тепла, относится к промышленным отходам, огромные скопления которых представляют серьезную экологическую угрозу. Разработка технологий её утилизации является актуальной проблемой. В рамках возможных экологических и экономических рисков использование сорбентов на основе золы уноса для очистки сточных вод представляет собой альтернативу промышленным материалам. В работе представлены результаты экспериментальных исследований цеолитов, полученных гидротермальным автоклавным способом из золы уноса ТЭЦ (г. Воркута). Исходная зола и синтезированные материалы характеризовались с помощью сканирующей электронной микроскопии, рентгеновской дифрактометрии и др. Выявлены характеристики синтезированных цеолитов: удельная площадь поверхности, объем микро- и мезопор, общий объем пор. Экспериментальные результаты показали, что новые материалы могут быть успешно использованы для извлечения из водных растворов аммония, бария, стронция и естественных радиоактивных элементов: урана, радия, тория.

Ключевые слова: цеолиты, сорбция, зола уноса, радионуклиды, аммоний, барий, стронций.

Introduction

Rational use of water resources and their effective treatment are urgent problems of modern society. Selective extraction of heavy metals and radionuclides from solutions remains a challenge, for which various methods are used: ion exchange, adsorption, biosorption, chemical precipitation, coagulation, electrodialysis. Among the mentioned processes, sorption methods with the use of inorganic sorbents, possessing high selectivity, chemical and radiation resistance, are efficient and economically justified. Many papers have been published, in which natural and modified clays and zeolites, porous titanosilicates, phosphates, carbonates, technogenic waste — coal fly ash and sorbents, based on it, red mud and clay-salt mud, etc., were tested as sorbents [4—7, 11, 13—15, 17].

Zeolites are widely used in the environmental protection, for example, for soil regeneration, treatment of acid mine waters, removal of sulfur dioxide from industrial emissions, purification of drinking and industrial wastewater, especially for the sorption of ammonium, heavy metals, radionuclides and organic substances. In addition to their high ion-exchange and sorption properties, zeolites have thermal, chemical, radiation resistance, mechanical

strength. These properties depend on the type of zeolite and features of its structure: pore size, pore volume, Si/Al ratio, composition and position of cations. The ability of zeolites to effectively absorb and firmly retain radionuclides draws a special interest [10]. Earlier, we synthesized zeolites from fly ash from thermal power plants of Vorkuta town [8, 9], which use hard coal of gas fat, semi-lean mark from the mine «Vorgashorskaya» (Fig. 1).

The aim of this paper is to reveal features of the specific surface area and porosity of synthesized zeolites depending on the conditions of hydrothermal reaction and to test their sorption properties for ammonium, barium, strontium and natural radioactive elements (uranium, thorium and radium).

Objects and methods

The object of our study was reaction products obtained from fly ash from thermal power plants of Vorkuta town by hydrothermal synthesis.

The morphology and chemical composition of the fly ash was studied by SEM (TESCAN VEGA 3 LMH) equipped with an EDS (Oxford Instruments X-Max). The

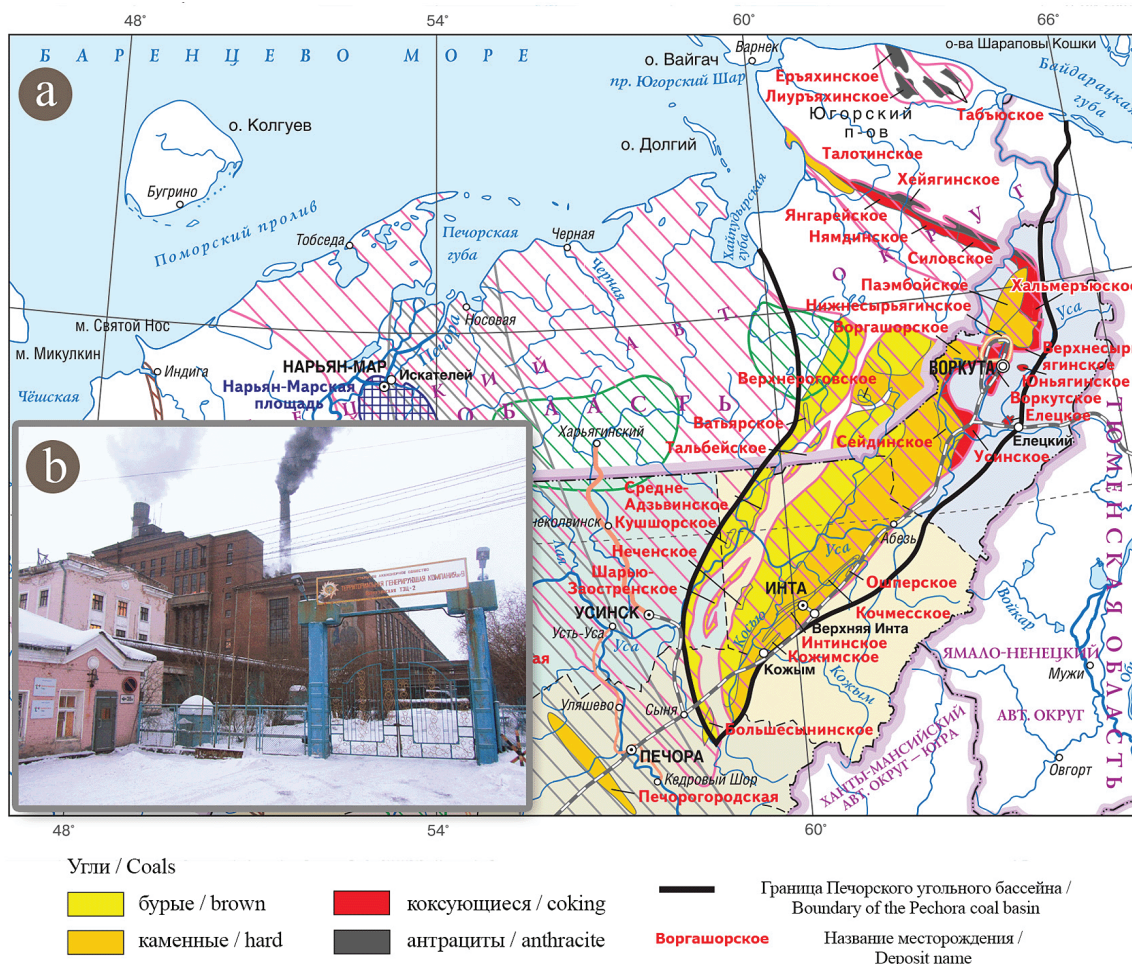


Fig. 1. Deposits of the Pechora coal basin (a) [1]; thermal power plant № 2 of Vorkuta town (b)

Рис. 1. Месторождения Печорского угольного бассейна (a) [1]; Воркутинская ТЭЦ-2 (b)

mineral composition was determined by XRD (Shimadzu XRD 6000, CuK_α radiation) within range $2-65^\circ 2\theta$ with rate $2^\circ 2\theta/\text{min}$. Identification of zeolites and other phases was carried out using MINCRYST (<http://database.iem.ac.ru/mincryst/rus/index.php>) and International Zeolite Association (<http://www.iza-structure.org/databases>) databases. The specific surface area, micro- and mesopore volume, total pore volume were determined using a surface area and pore size analyzer (NOVA 1200e, Quantachrome) at -196°C with preliminary degasification at 350°C in vacuum for 2 h. The specific surface area was calculated by the BET method (nitrogen adsorption curve), the mesopore volume by the BJH method (nitrogen desorption curve), the micropore volume by the Dubinin-Astakhov method.

The sorption capacity for cation NH_4^+ was determined by a photometric method with a Nessler reagent using KFK-2 spectrophotometer at a wavelength 440 nm. The concentration of ammonium chloride was 100 mg/l, the sample weight was 0.02 g, pH of the solution was 5.55, duration of the experiment was 1 hour.

To study Sr^{2+} sorption, a zeolite sample 0.02 g was filled with 0.01 l of an aqueous solution SrCl_2 with a concentration 500 mg/l (the solution was produced by dissolving SrCO_3 in HCl) and held for 24 hours at room temperature. Sorption of Ba^{2+} was carried out as follows: 0.02 g of zeolite was filled with 0.01 l of an aqueous solution of BaCl_2 at a concentration of 500 mg/l and held for 24 hours at room temperature. The initial and equilibrium concentrations of cations of strontium and barium in the solution were de-

termined by atomic-emission spectroscopy with inductively coupled plasma on the spectrometer Vista MPX Rad.

The sorption of radionuclides was carried out under static conditions at room temperature and a ratio of solid and liquid phases 1:10 (2 g of sorbent and 20 ml of solution) from aqueous solutions of uranyl nitrate, radium chloride and thorium chloride, in which radionuclides were represented by a natural mixture of isotopes. The initial concentration of radionuclides in solution: radium — $28.31 \cdot 10^{-12}$ g/ml; uranium $1.35 \cdot 10^{-6}$ g/ml; thorium $0.87 \cdot 10^{-6}$ g/ml. The contact time was 24 h, pH of the solution — 6. The acidity of the liquid phase was adjusted to the required level by alkalization with concentrated (13 mole/l) ammonium hydroxide solution. After sorption, the sorbents were separated from the liquid phase by filtration. In the filtrate, the content of radionuclides was determined. The extraction of uranium, radium and thorium was calculated by the radionuclide decrease. The uranium content was measured by a photometer «LUF-57» based on the luminescence intensity of pearls with NaF at the sensitivity $2.0 \cdot 10^{-8}$ g/g. Thorium was determined photocolometrically with arsenazo III with separation of impurities on cation-exchange KU-2 at a detection limit $1.0 \cdot 10^{-8}$ g/g. The radium content was calculated from radon-222 emanation measured on Alfa-1 device with the sensitivity of the method $2.0 \cdot 10^{-12}$ g/g. The desorption was estimated from the content of radionuclides in the extracts obtained by sequential treatment with radionuclide-rich sorbent with distilled water, solutions of ammonium

acetate (1M $\text{CH}_3\text{COONH}_4$) and hydrochloric acid (1M HCl) for 24 hours.

Results and discussion

Two sets of experiments were carried out:

— in the first set the effect of temperature of hydrothermal reaction on zeolite synthesis was studied (reaction temperature 95, 140 and 180 °C, reaction duration 12 hours, NaOH concentration 3.0 mol/l).

— in the second set of experiments the effect of reaction time and concentration of alkali on synthesis process was studied (reaction temperature 140 °C, reaction duration 2, 4, 6 and 8 hours, concentration NaOH 1.5, 3.0 and 4.5 mol/l).

The synthesis results in powders consisting of the mixture of zeolite/zeolites and unreacted residue in different proportions.

The effect of reaction temperature on morphology and porosity of synthesized zeolites

At reaction temperatures from 95 to 180 °C several species of zeolites were obtained [6], different by their morphology and porosity (Fig. 2, a–c). It was found that

increasing temperature leads to reducing pore size of the zeolites. Thus, at 95 °C zeolites X (a synthetic analogue of natural faujasite, pore size 0.74 nm [3]) formed with an admixture of zeolite P (a synthetic analogue of natural gismondine, pore size 0.31×0.45 and 0.28×0.48 nm [3]). At 140 °C zeolites P formed with an admixture of analcime (pore size 0.26 and 0.42×0.16 nm [3]). At 180 °C, analcime crystallizes with an admixture of cancrinite (a non-zeolitic phase). According to the classification of zeolites by pore size [2], analcime and zeolite P refer to narrow-porous, zeolite X — to wide-porous species.

Nitrogen adsorption-desorption isotherms of fly ash and reaction products (Fig 3, a, b) are related to IV(a) type according to IUPAC classification [16], characteristic for mesoporous sorbents. Isotherms have a hysteresis loop close to H3 type, which indicates the existence of slotted capillaries with parallel plates.

Table 1 presents characteristics of the fly ash and reaction products synthesized at temperatures 95, 140 and 180 °C. The specific surface area of the initial fly ash was 5.63 m²/g. The conversion of ash to zeolites is accompanied by increasing specific surface area (2.8–45.4 times), volume of micro- (4–68 times) and mesopores (3.8–16.1 times) and total pore volume (3.7–29.4 times), in accordance with [12]. Increasing temperature of the hydrothermal

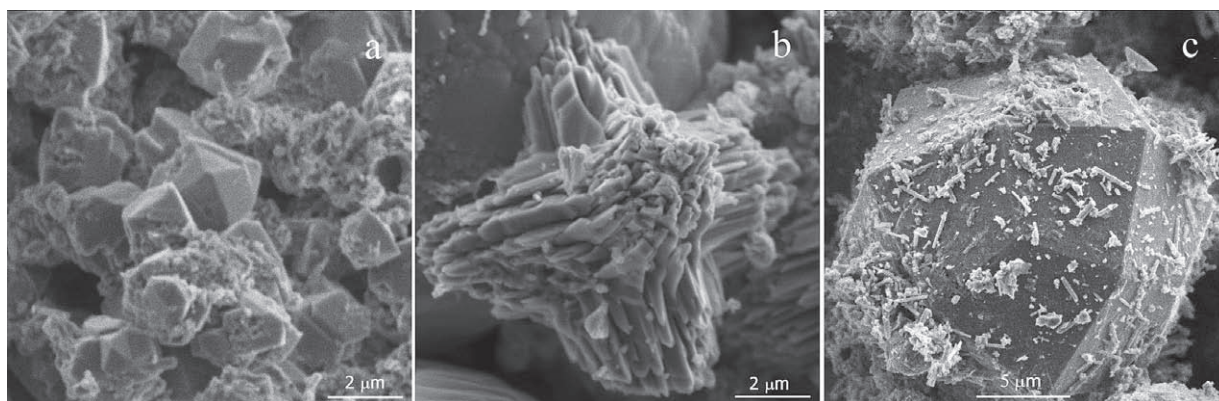


Fig. 2. SEM-images of hydrothermal reaction products synthesized at 95 (a), 140 (b), 180 °C (c): a — octahedral crystals of zeolite X, b — skeleton crystal of zeolite P, c — tetragontrioctahedron of analcime covered with columnar cancrinite

Рис. 2. СЭМ-изображения продуктов гидротермальной реакции, полученных при температурах 95 (a), 140 (b) и 180 °C (c): а — кристаллы цеолита X октаэдрической формы, б — скелетный кристалл цеолита P, в — тетрагонтриоктаэдр анальцима, покрытый столбчатым канкринитом

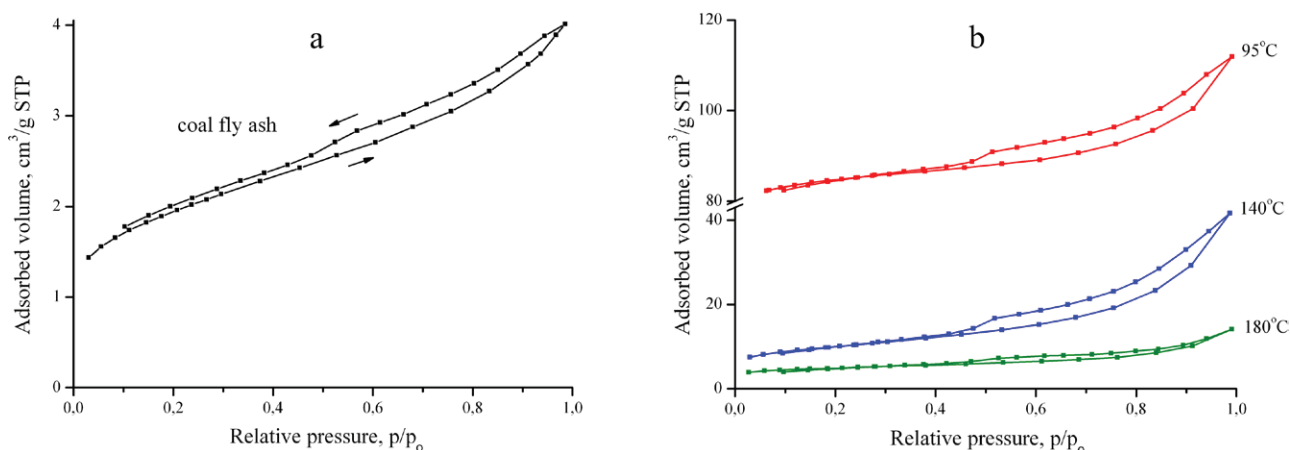


Fig 3. Nitrogen adsorption-desorption isotherms of coal fly ash (a) and reaction products synthesized at 95, 140, 180 °C (b)

Рис. 3. Изотермы адсорбции-десорбции азота золы уноса (a) и продуктов реакции, полученных при температурах 95, 140 и 180 °C (b)



reaction leads to decreasing specific surface area and pore volume parameters of the synthesis products, which is related to formation of less porous zeolites. Wide-porous zeolites X, produced at 95 °C, are characterized by a high specific surface, micropore volume and total pore volume. The values of these parameters for zeolite P and analcime, synthesized at 140 and 180 °C, respectively, are much lower.

The effect of reaction duration and NaOH concentration on specific surface area and porosity of synthesized zeolites

Table 2 characterized products obtained at temperature 140 °C, NaOH concentration 1.5–4.5 mol/l, and reaction time 2 to 8 hours. Both single zeolites and a mixture of zeolites are diagnosed in the synthesized

samples. The specific surface area of the synthesis products, containing zeolites of different types, varies within 27.9 to 261.9 m²/g. A sample, containing a wide-porous zeolite X (261.9 m²/g) has the largest specific surface. The corresponding characteristic for medium porous zeolites P varies within 35.43–45.32 m²/g. The synthesis products, in which no newly formed phases are detected, show increasing specific surface area in comparison to the initial ash in 3.9–5.9 times. Perhaps this is due to the disintegration (dissolution) of the original globules of ash in an alkaline medium.

The total pore volume of synthesized materials (0.0297–0.1526 cm³/g), the volume of their meso- (0.0217–0.0506 cm³/g) and micropores (0.0104–0.1323 cm³/g) also increase in comparison with the initial fly ash (0.0059, 0.0041 and 0.0020 cm³/g respectively). They depend both on the

Table 1. Specific surface area and porosity of coal fly ash and reaction products synthesized at 95, 140 and 180 °C

Таблица 1. Удельная площадь поверхности и пористость золы уноса и продуктов реакции, синтезированных при температурах 95, 140 и 180 °C

Reaction temperature, °	Reaction products*	Specific surface area, m ² /g	Total pore volume, cm ³ /g	Mesopore volume, cm ³ /g	Micropore volume, cm ³ /g
fly ash		5.63	0.0059	0.0041	0.0020
95	zeolite X, zeolite P	255.6	0.1732	0.0503	0.1362
140	zeolite P, analcime	38.77	0.0744	0.0662	0.0211
180	analcime	16.07	0.0218	0.0156	0.0080

Note: * — the phase composition of the hydrothermal reaction products was determined by X-ray diffraction, the data were presented in [9];

Примечание: * — фазовый состав продуктов гидротермальной реакции определен с помощью рентгеновской дифракции, данные представлены в работе [9].

Table 2. Specific surface area and porosity of coal fly ash and reaction products synthesized at 140 °C, NaOH concentration 1.5, 3.0, 4.5 mol/l and reaction duration 2–8 h

Таблица 2. Удельная поверхность и пористость золы уноса и продуктов реакции, синтезированных при температуре 140 °C, концентрации NaOH 1.5, 3.0, 4.5 моль/л и продолжительности реакции 2–8 ч

Sample	Concentration of NaOH, mol/l	Reaction duration, h	Reaction products*	Specific surface area, m ² /g	Pore volume		
					total, cm ³ /g	mesopore, cm ³ /g	micropore, cm ³ /g
fly ash				5.63	0.0059	0.0041	0.0020
1.5–2	1.5	2	n. d.	22.21	0.0297	0.0231	0.0104
1.5–4		4	zeolite P**	27.90	0.0502	0.0433	0.0125
1.5–6		6	zeolite P	35.43	0.0435	0.0329	0.0158
1.5–8		8	zeolite P, analcime	44.63	0.0641	0.0506	0.0206
3.0–2	3.0	2	n. d.	23.86	0.0494	0.0449	0.0111
3.0–4		4	zeolite P	45.32	0.0685	0.0583	0.0205
3.0–6		6	zeolite P, analcime	42.73	0.0490	0.0361	0.0194
3.0–8		8	zeolite P, analcime	45.61	0.0518	0.0369	0.0207
4.5–2	4.5	2	n. d.	33.07	0.0426	0.0314	0.0156
4.5–4		4	zeolite X, zeolite P, hydrosodalite	261.9	0.1526	0.0246	0.1323
4.5–6		6	zeolite P, analcime, hydrosodalite	44.14	0.0388	0.0217	0.0217
4.5–8		8	zeolite P, analcime, hydrosodalite	37.15	0.0411	0.0307	0.0170

Note: * — the phase composition of the hydrothermal reaction products was determined by X-ray diffraction, the data were presented in [9]; P** — XRD weak peaks are observed, probably, related to zeolite P (data are not shown); n. d. — zeolite phases are not determined.

Примечание: * — фазовый состав продуктов гидротермальной реакции определен с помощью рентгеновской дифракции, данные представлены в работе [9]; P** — на дифрактограмме наблюдаются слабые рефлексы, возможно принадлежащие цеолиту P; n. d. — цеолитовые фазы не обнаружены.

type of zeolite and on its content in the mixture. A sample, containing zeolite X, is characterized by increasing total pore volume and microporous volume in 2–5 and 6–8 times, respectively, compared to other synthesis products.

As can be seen from Table 3, the specific surface area directly and strongly correlates with the total pore volume and the volume of micropores and does not correlate with the mesopore volume. The total pore volume directly and strongly correlates with the volume of micropores and does not correlate with the volume of mesopores. The volume of mesopores does not correlate with any parameter.

Sorption properties

The synthesized zeolites (sample 4.5–4) are characterized by a high sorption activity to long-living natural radionuclides — uranium, radium and thorium. From model solutions with a concentration of radionuclides exceeding their content in natural waters, up to 98 % of radium, more than 89 % of thorium and 80 % of uranium are removed (Table 4).

Analysis of the desorption characteristics shows (Fig. 4) that the sorbents possess a high retain characteristic with respect to radium and uranium. This is demonstrated by their low total desorption, which is about 4.88 и 10.15 % respectively. Thorium is retained by zeolites less firmly, up to 35 % of thorium desorbed into the solution.

Comparison of sorption characteristics of materials for three tested radioactive elements indicates a more pronounced tendency of zeolites to radium removal from aqueous solutions. In this respect, it is natural that the determined sorption capacity of zeolites for other elements of group II of the Periodic Table also shows high values (Table 5). Thus, for barium sorption capacity ranges from 113.3 to 157.5 mg/g (1.65–2.29 meq/g), for strontium it reaches 85.9 mg/g (1.94 meq/g). For comparison, the analogous value for an ammonium ion is 32.2 mg/g (1.78 meq/g). When background electrolyte (NaOH) is added to the solution, the sorption capacity decreases to 57.2 mg/g (1.31 meq/g), which can result from both competing sorption of sodium ions on zeolites, and a significant suppression of activity of their sorption centers under alkaline conditions.

Conclusions

We compared zeolites, produced from fly ash by a hydrothermal reaction, by their specific surface area and porosity.

The determined characteristics of the synthesized materials vary within a wide range depending on type of zeolite and reaction products. Samples with wide-porous zeolites X has the greatest specific surface area (up to 261.9 m²/g)

Synthesized zeolites are characterized by a high sorption activity with respect to long-living natural radionuclides and possess low desorption of uranium and radium. The extraction degree of radium from solutions is 98, thorium — more than 89, uranium — more than 80 %. Thorium is retained in the structure of synthesized sorbents the least strongly. The sorption capacity for barium has values from 113.3 to 157.5 mg/g (1.65–2.29 meq/g), for strontium — 85.9 mg/g (1.94 meq/g), for ammonium 32.2 mg/g (1.78 meq/g). By selectivity of sorption, the above cations can be arranged in a line: Ba²⁺ > Sr²⁺ > NH₄⁺.

Desorption, %

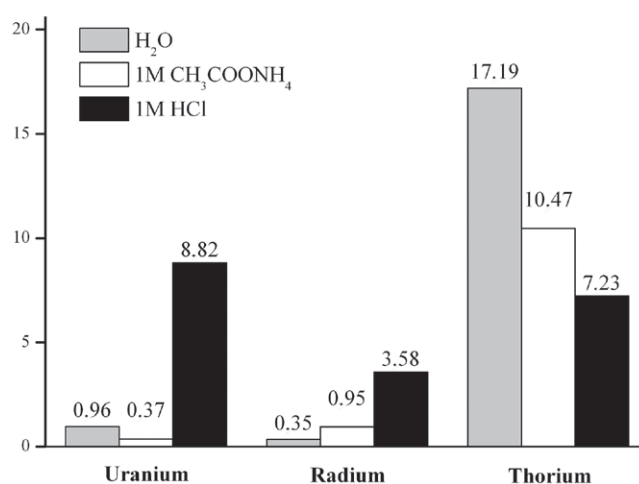


Fig. 4. Desorption of uranium, radium and thorium from synthesized zeolites after treatment by distilled water, ammonium acetate and hydrochloric acid

Рис. 4. Десорбция урана, радия и тория из синтезированных цеолитов в результате обработки дистиллированной водой, ацетатом аммония и соляной кислотой

Table 3. Coefficients of pair correlation of specific surface area and porosity of reaction products

Таблица 3. Коэффициенты парной корреляции удельной площади поверхности и пористости продуктов реакции

	Specific surface area	Total pore volume	Mesopore volume	Micropore volume
Specific surface area	1.00			
Total pore volume	0.96	1.00		
Mesopore volume	–0.29	–0.01	1.00	
Micropore volume	1.00	0.96	–0.30	1.00

Table 4. Uranium, radium and thorium sorption by synthesized zeolites

Таблица 4. Сорбция урана, радия и тория синтезированными цеолитами

Radionuclide	Radionuclide concentration in solution, g/ml		Removal efficiency, %	Distribution coefficient, ml/g
	initial	equilibrium		
Uranium	1.35×10 ^{–6}	0.25×10 ^{–6}	81.30	43.53
Radium	28.31×10 ^{–12}	0.47×10 ^{–12}	98.34	592.24
Thorium	0.87 ×10 ^{–6}	0.09×10 ^{–6}	89.36	84.54



Table 5. Barium, strontium and ammonium sorption capacity of reaction products
Таблица 5. Сорбционная емкость продуктов реакции по барию, стронцию и аммонiu

Sample	Cation concentration in solution, mg/l		Sorption capacity		Distribution coefficient, ml/g
	initial	equilibrium	mg/g	meq/g	
Barium					
1.5—8	500.0	180.2	157.5	2.29	1523.6
4.5—4	500.0	273.4	113.3	1.65	576.3
Strontium					
1.5—8	500.0	155.0	85.9	1.94	1307.3
4.5—4	500.0	192.0	77.0	1.76	754.9
Ammonium					
1.5—8	100.0	35.6	32.2	1.78	904.5
4.5—4	100.0	40.0	29.9	1.66	746.3

The combination of a high sorption activity and ability to retain potential pollutants rather firmly is an important characteristic of the sorption material in terms of its practical use, since it avoids secondary (reverse) contamination of the working environment by radionuclides. The produced sorbents can be used for trapping and retaining of radioactive elements in solutions in a wide range of concentrations. It also increases the scope of the sorption material — from low-concentration radionuclides of natural waters to high radioactive liquid wastes from nuclear power plants.

The authors express gratitude to the common use center «Geonauka» for their help in analytical work.

The work was carried out with a partial financial support of UB RAS Programs (project 18-5-5-44).

References

- Burtsev I. N., Saldin V. A., Ievlev A. A., Anischenko L. A., Protsko O. S. *Burye ugly — perspektivnyi resurs dlya sozdaniya novykh otrasley promyshlennosti v Timano-Severouralskom regione* (Brown coals — a promising resource for the creation of new industries in the Timan-North Ural region). Vestnik of Institute of Geology of Komi SC of UB RAS, 2012, No. 10, pp. 26—31.
- Chica A. Zeolites: promised material for the sustainable production of hydrogen. ISRN Chemical engineering, 2013. Article ID 907425. 19 p.
- Database of zeolite structures. www.iza-structure.org/database (accessed at: 05.02.2018)
- Harja M., Kotova O., Ciobanu G., Litu L. New adsorbent materials on the base of ash and lime for lead removal. Proceedings book: International Symposium “The environment and the industry”, Simi 2017, Bucharest, Romania.
- Ivanets A. I., Shashkova I. L., Kitikova N. V., Drozdova N. V., Saprunova N. A., Radkevich A. V., Kulbitskaya L. V. *Sorbtsionnaya ochistka rastvorov ot ionov strontsiya fosfatami kaltsiya i magniya* (Sorption purification of solutions from strontium ions by calcium and magnesium phosphates). Radiokhimiya (Radiochemistry), 2014, V. 56, No. 1, pp. 30—34.
- Kotova O. B. *Poverhnostnye protsessy v tonkodispersnykh mineral'nykh sistemakh* (Surface processes in finely dispersed mineral systems). Ekaterinburg: UB RAS, 2004, 194 p.
- Kotova O. B., Moskalchuk L. N., Shushkov D. A., Leontieva T. G., Baklay A. A. *Sorbenty radionuklidov na osnove promyshlennykh othodov: fiziko-himicheskie svoistva i perspektivy ispol'zovaniya* (Radionuclide sorbents based on industrial wastes: physical and chemical properties and application potential). Vestnik of Institute of geology of Komi SC UB RAS, 2017, No. 4, pp. 29—36.
- Kotova O. B., Shabalin I. L., Kotova E. L. Phase Transformations in Zeolite Synthesis Technologies from Coal Fly Ash. Sorption Properties. Journal of Mining Institute, 2016, V. 220, pp. 526—531.
- Kotova O. B., Shabalin I. N., Shushkov D. A., Kocheva L. S. Hydrothermal synthesis of zeolites from coal fly ash. Advances in Applied Ceramics: Structural, Functional and Bioceramics, 2016, V. 115, Issue 3, pp. 152—157.
- Kotova O. B., Shabalin I. L., Shushkov D. A., Ponaryadov A. V. Sorbents based on mineral and industrial materials for radioactive wastes immobilization. Vestnik of Institute of Geology of Komi SC of UB RAS, 2015, No. 2, pp. 32—34.
- Misaelides P., Fellhauer D., Gaona X., Altmaier M., Geckeis H. Thorium (IV) and neptunium (V) uptake from carbonate containing aqueous solutions by HDTMA-modified natural zeolites. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 2016, V. 311, Issue 3, pp. 1665—1671.
- Noli F., Buema G., Misaelides P., Harja M., New materials synthesized from ash under moderate conditions for removal of toxic and radioactive metals. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 2015, 303, Issue 3, pp. 2303—2311.
- Perovskii I. A., Burtsev I. N. *Gidrotermalniy sintez sitinakita na osnove leikoksena Yaregskogo mestorozhdeniya* (Hydrothermal synthesis of sitinakite based on the leucoxene of Yarega deposit). Vestnik of Institute of geology of Komi SC UB RAS, 2013, No. 3, pp. 16—19.
- Resmi G., Thampi S., Chandrakaran S. Removal of lead from wastewater by adsorption using acid-activated clay. Environmental Technology, 2012, V. 33, No. 3, pp. 291—297.
- Shushkov D., Kotova O., Shuktomova I. Removal of radionuclides by analcime-bearing rocks. Materials Science and Engineering, 2013, V. 47.
- Thommes M., Kaneko K., Neimark A. V., Olivier J. P., Rodriguez-Reinoso F., Rouquerol J., Sing K. S. W. Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution (IUPAC Technical Report). Pure and Applied Chemistry, 2015, V. 87, Issue 9—10, pp. 1051—1069.
- Verma P. K., Romanchuk A. Yu., Vlasova I. E., Krupskaya V. V., Zakusin S. V., Sobolev A. V., Egorov A. V., Mohapatra P. K., Kalmykov S. N. Np(V) uptake by bentonite clay: effect of accessory of Fe oxides/hydroxides on sorption and speciation. Applied Geochemistry, 2017, V. 78, pp. 74—82.



ИМЕНА ГЕОЛОГОВ В ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИХ НАЗВАНИЯХ (по материалам Геологического музея им. А. А. Чернова)

Л. Р. Жданова

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

В результате изучения фондового материала Геологического музея им. А. А. Чернова ИГ Коми НЦ УрО РАН в отдельный блок музейного фонда выделена коллекция новых видов, носящих имена выдающихся ученых России, в том числе сотрудников Института геологии. Приводится список таксонов и изображения голотипов.

Ключевые слова: фонды музея, каталог, палеонтологический вид, имена исследователей в таксономических названиях, голотип.

NAMES OF GEOLOGISTS IN THE FOSSIL NAMES (based on the materials of the Geological Museum named after A. A. Chernov)

L. R. Zhdanova

Institute of Geology Komi SC UB RAS, Syktyvkar

Revision of the collections in the A. A. Chernov Geological Museum of the Institute of geology of Komi SC UB RAS lead to a separate set of collections of new fossil species named in honor of outstanding Russian geologists and palaeontologists, including scientists of the Institute of Geology. The list of the taxa, illustrated by images of holotypes, is given.

Keywords: museum collections, catalogue, paleontological type, taxonomical names in honor of researches, holotype

Введение

Палеонтологический фонд Геологического музея им. А. А. Чернова содержит многочисленные коллекции фанерозойской флоры и фауны, собранные сотрудниками Института геологии Коми научного центра на территории северо-востока европейской части России. В составе научных коллекций хранятся типовые экземпляры видов (голотипы) и типовые виды родов ископаемых животных и растений, которые, несомненно, представляют научный интерес и культурную ценность.

Для существенного ускорения изучения и поиска материала необходима каталогизация любых фондов, в том числе и музейных. К сожалению, палеонтологический фонд Геологического музея им. А. А. Чернова до сих пор в полном объеме не каталогизирован, но работа в этом направлении ведется. Первая публикация, касающаяся монографических палеонтологических коллекций музея Института геологии, была подготовлена Д. М. Томовой [2]. Позднее опубликованы частичные данные о голотипах видов, названных именами геологов [1].

В известной монографии Г. Я. и Н. Г. Крымгольц «Имена отечественных геологов в палеонтологических названиях» среди представленных 2720 названий палеонтологических таксонов отсутствуют данные из фондов Геологического музея им. А. А. Чернова [3]. Это определяет актуальность настоящей работы.

Кроме необходимости популяризации материалов, хранящихся в фондах Геологического музея им. А. А. Чернова, каталогизация отдельных коллекционных выборок, содержащих информацию о голотипах ископаемых организмов, имеет прикладное значение. Результаты каталогизации в значительной степени

упрощают поиск данных о публикациях и коллекциях с голотипами, многие из которых малоизвестны научной общественности из-за ограниченных тиражей соответствующих изданий.

Таким образом, в статье представлен максимально полный список голотипов таксонов (табл. 1 и 2), названия которых произведены от имен исследователей, действующих и бывших сотрудников Института геологии Коми НЦ и других отечественных специалистов, с целью ознакомления широкого круга специалистов и людей, интересующихся палеонтологией, с уникальными выборками из фондового материала Геологического музея им. А. А. Чернова.

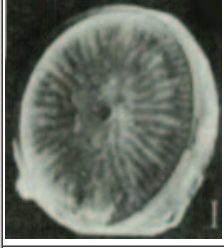
Материал и методы

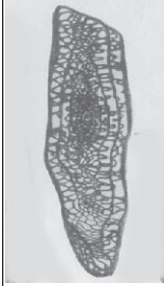
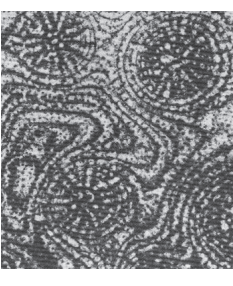
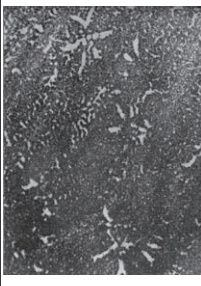
Фактической базой для исследования послужил палеонтологический фонд Геологического музея им. А. А. Чернова, в состав которого входит 370 монографических коллекций и учетная документация музейного фонда: паспорта и описи образцов коллекций. Кроме того, использовались литературные источники, был обработан значительный объем палеонтологической литературы, прежде всего издания, содержащие первоописания видов, голотипы которых хранятся в музее.

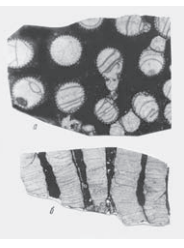
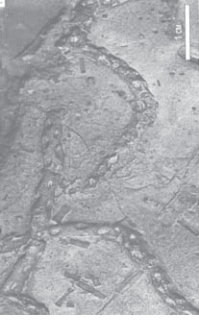
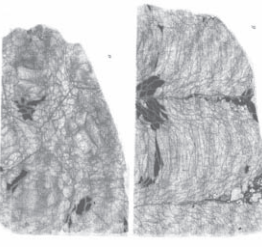
Первый этап проводимой работы заключался в инвентаризации музейных фондов, каталога музейных геологических коллекций и их паспортов. Далее следовало изучение опубликованной литературы, где впервые описаны виды, входящие в состав коллекций и проверка наличия типовых экземпляров видов, упомянутых в публикациях.

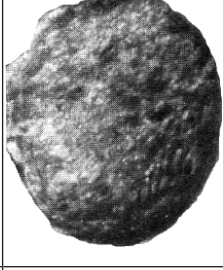
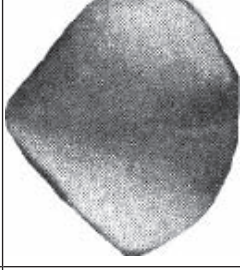
Второй этап — составление списка голотипов с указанием возраста и места отбора образцов, фамилий ученых, в честь которых назван вид.

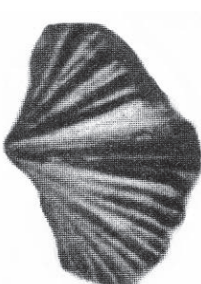
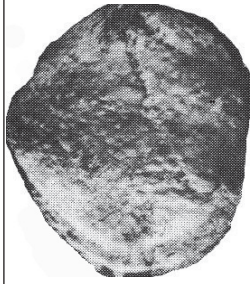
Таблица 1. Ископаемые организмы, названные в честь сотрудников Института геологии им. академика Н. П. Юшкина Коми НЦ УрО РАН
 Table 1. Fossils, named in honor of the researchers of the N. P. Yushkin Institute of Geology Komi SC UrB RAS

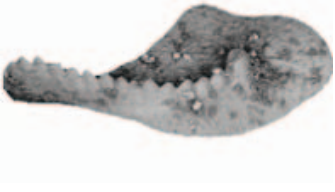
№	Название вида, подвид, ссылка на литературу Species, subspecies, reference	Возраст, местонахождение Age, location	№ колл. /обр. No. coll. /sample	Фамилия ученого, в честь которого назван вид Name of scientist, whose honor the species was named	Изображение голотипа Image of holotype
1	2	3	4	5	6
Царство Растения					
Низшие растения					
1	<i>Cyclotella lossevae</i> Logipova, 1992 <i>Диатомовые водоросли СССР</i> . СПб.: Наука, 1992. Т. II. Вып. 2. 125 с.	N ₂ ; Прикамье	185/4 (13)	Лосева Эмма Ивановна (1931—2017), д. г.-м. н., исследователь геологии четвертичных отложений, специалист по четвертичным диатомеям	
Высшие растения					
2	<i>Resopteris varsanofjevae</i> Fefilova, 1973 <i>Фефилова Л. А.</i> Папортниковые перми севера Предуральяского прогиба. Л.: Наука, 1973. С. 95—97	P ₂ ; р. Печора, север Предуральского прогиба	301/47	Варсановьева Вера Александровна (1890—1976), д. г.-м. н., геолог, геоморфолог, педагог, исследователь севера европейской части СССР. Наиболее известны работы по стратиграфии палеозойских отложений бас. р. Печоры	
3	<i>Heraicites molinii</i> Fefilova, 1983 <i>Палеонтологический атлас пермских отложений Печорского угольного бассейна</i> / В. А. Молин, А. Б. Вирбицкая, Л. А. Фефилова и др. Л.: Наука, 1983. 325 с.	P; р. Янгарей, Печорский бассейн	315/476	Молин Владимир Афанасьевич (1931—2001), к. г.-м. н, специалист в области изучения палеонтологии, стратиграфии пермских и триасовых и юрских отложений	
Царство Животные					
Сарколовые					
4	<i>Daixina tschernovi</i> Z. Mikhailova, 1966 <i>Михайлова З. П.</i> Стратиграфия и фузулины ассельского яруса гряды Чернышева // Стратиграфия и палеонтология северо-востока европейской части СССР. М.—Л.: Наука, 1966. С. 18—20	C ₃ ; р. Заостренная, гряда Чернышева	201/10	Чернов Александр Александрович (1877—1963), д. г.-м. н., геолог, палеонтолог, основоположник геологических исследований в Коми крае, один из инициаторов создания Института геологии КФАН СССР	

1	2	3	4	5	6
5	<i>Daixina tschernovi forma regularis</i> Z. Mikhailova, 1966 <i>Михайлова З. П.</i> Стратиграфия и фузулиниды ассельского яруса гряды Чернышева // Стратиграфия и палеонтология северо-востока европейской части СССР. М.—Л.: Наука, 1966. С. 18—20	С ₃ ; р. Заостренная, гряда Чернышева	201/12	Чернов Александр Александрович*	
6	<i>Lastodiscus tschernovi</i> Z. Mikhailova, 1960 <i>Михайлова З. П.</i> Новые формы фораминифер из семейства <i>Lastodiscidae</i> Печорского края // Сборник трудов по геологии и палеонтологии. Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1960. С. 395—400	Р ₁ ; р. Углан, верхняя Печора	205/4	Чернов Александр Александрович*	
7	<i>Pseudofusulina elisevi</i> Z. Mikhailova, 1966 <i>Михайлова З. П.</i> Стратиграфия и фузулиниды ассельского яруса гряды Чернышева // Стратиграфия и палеонтология северо-востока европейской части СССР. М.—Л.: Наука, 1966. С. 18—20	С ₃ ; р. Заостренная, гряда Чернышева	201/16	Елисеев Александр Иванович (1929—2010), д. г.-м. н., геолог. Область научных интересов — стратиграфия, литология, формационный анализ. Детально исследовал палеозойские отложения севера Урала и Пай-Хоя	
8	<i>Triticites petschoricus varsanofievae</i> Z. Mikhailova, 1967 <i>Михайлова З. П.</i> Верхнекаменноугольные фузулиниды гряды Чернышева и западного склона Северного Урала // Биостратиграфия палеозоя северо-востока европейской части СССР. Сыктывкар: Коми кн. изд., 1967. С. 36—37. (Тр. Ин-та геол. Коми фил. АН СССР; Вып. 6)	С ₃ ; р. Гердью, Северный Урал	202/68	Варсановьева Вера Александровна*	
9	<i>Tripetostroma perschini</i> Bogoyavlenskaya, 1997 <i>Цыганко В. С., Богоявленская О. В., Лукин В. Ю.</i> Кишечнополостные из отложений девона Очпарминского вала (Южный Тиман, р. Воль) // Сыктывкарский палеонт. сборник. 1997. № 2. С. 30—34. (Тр. Ин-та геол. Коми НЦ УрО РАН; Вып. 91)	D ₃ ; р. Воль, Южный Тиман	87/7	Першина Антонида Ивановна, (1923—1986), к. г.-м. н., геолог, специалист в области детального изучения стратиграфии палеозойских отложений западного склона Урала и Тимано-Печорской провинции	
10	<i>Stromatorpora antonidi</i> Bogoyavlenskaya, 2000 <i>Богоявленская О. В., Цыганко В. С.</i> Девонские строматопораты из разреза Большая Надота (Приполярный Урал) // Сыктывкарский палеонтологический сборник. 2000. № 4. С. 20—23 (Тр. Ин-та геол. Коми НЦ УрО РАН; Вып. 102)	D ₂ ; р. Бол. Надота, Приполярный Урал	83/1	Першина Антонида Ивановна*	

1	2	3	4	5	6
11	<i>Spasskyella pershinae</i> Tsyganko, 1977 Цыганко В. С. <i>Spasskyella</i> — новый род ругоз // Геология и полезные ископаемые северо-востока европейской части СССР: Ежегодник — 1976. Коми фил. АН СССР. Сыктывкар, 1977. С. 40—44	D ₂ ; р. Сывью, Приполярный Урал	611/1	Першина Антониды Ивановна*	
12	<i>Sokolovia pershinae</i> Tsyganko, 2016 Цыганко В. С. Новый род кораллов (<i>tabulata</i>) из верхнего девона Приполярного Урала // Палеонтологический журнал. 2016. № 1. С. 29—33	D ₃ ; р. Шарью, Приполярный Урал	448/1	Першина Антониды Ивановна*	
13	<i>Cosjuvicia yushkini</i> Tsyganko, 2014 Цыганко В. С. Новые таксоны ругоз из отложений среднего девона Приполярного Урала // Палеонтологический журнал. 2014. № 2. С. 26—30	D ₂ ; р. Сывью, Приполярный Урал	459/23	Юшкин Николай Павлович (1936—2012), выдающийся отечественный геолог-минералог, академик. Область научных интересов — минералогия, общая и региональная геология, металлогения, история науки и науковедение	
	Членистоногие				
	<i>Ракообразные, остракоды</i>				
14	<i>Pseudestheria tschernovi</i> Molin, 1965 Моллин В. А. Комплексы двусторчатых листоногих из бызовской и переборской свит // Границы перми и триаса в красноцветных отложениях Северного Приуралья. М. — Л.: Наука, 1965. С. 63—72	P ₂ ; р. М. Аранец, Северное Приуралье	1/4	Чернов Александр Александрович*	
15	<i>Polygrapta alexandritshernovi</i> Molin, 1966 Моллин В. А. Новые нижнетриасовые листоногие ракообразные Печоры и Мезени // Стратиграфия и палеонтология Северо-Востока европейской части СССР. АН СССР. М. — Л.: Наука, 1966. С. 62—64	T ₁ ; р. Печора	26/16	Чернов Александр Александрович*	

1	2	3	4	5	6
16	<i>Sphaerestheria varsanofievae</i> Molin, 1965 Моллин В. А. Комплексы двустворчатых листоногих из бызовской и переборской свит // Границы перми и триаса в красноцветных отложениях Северного Приуралья. М.—Л.: Наука, 1965. С. 63—72	Р ₂ ; р. М. Аранец, Северное Приуралье	1/44	Варсановьева Вера Александровна*	
17	<i>Loxotegaglypta tschalyschevi</i> Molin, 1965 Моллин В. А. Комплексы двустворчатых листоногих из бызовской и переборской свит // Границы перми и триаса в красноцветных отложениях Северного Приуралья. М.—Л.: Наука, 1965. С. 63—72	Т ₁ ; р. Лыжа Северное Приуралье	8/5	Чалышев Василий Иванович (1932—1975), д. г.-м. н. Область научных интересов — стратиграфия, литология	
18	<i>Pseudobakewellia kolodae</i> Kanev, 1998 Канев Г. П. Двустворчатые моллюски // Биота востока Европейской России на рубеже ранней и поздней перми: Материалы к международному симпозиуму «Верхнепермские стратотипы Поволжья». М.: ГЕОС, 1998. С. 252—253	Р; р. Кожым, Приполярный Урал	366/10	Колода Нина Александровна (1935—2007), к. г.-м. н, специалист в области палинологии пермской системы	
19	Брахиподы <i>Eoreticularia annae</i> T. Besnossova, 1983 Безносова Т. М. Верхнесилурийские Eoreticularia поднятий Чернова и Чернышева // Палеонтология фанерозоя севера европейской части СССР. Сыктывкар, 1983. С. 3—6 (Тр. Ин-та геол. Коми фил. АН СССР. Вып. 43)	С ₂ ; р. Падимейты- вис, поднятие Чернова	183/27	Антошкина Анна Ивановна, д. г.-м. н., специалист по ископаемым рифам и литологии карбонатных отложений	
20	<i>Eodevonaria tchemowi</i> Perschina, 1977 Першина А. И. Новая хонетида из среднего девона Северного Урала // Новые виды древних растений и беспозвоночных СССР. Вып. 4. М.: Наука, 1977. С. 119—120	D ₂ ; р. мал. Печора, западный склон Северного Урала	111/30	Чернов Александр Александрович*	

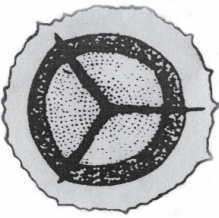
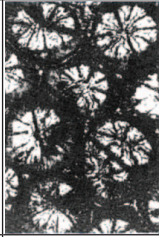
1	2	3	4	5	6
21	<i>Latiprodactus varsanofjevae</i> Kalashnikov, 1974 <i>Калашников Н. В.</i> Раннекаменноугольные брахиоподы Печорского Урала. Л.: Наука, 1974. 220 с.	C ₁ ; р. Подчерем, Северный Урал	253/443	Варсановьева Вера Александровна*	
22	<i>Podisheremita varsanofjevae</i> Kalashnikov, 1974 <i>Калашников Н. В.</i> Раннекаменноугольные брахиоподы Печорского Урала. Л.: Наука, 1974. 220 с.	C ₁ ; р. Подчерем, Северный Урал	253/18	Варсановьева Вера Александровна*	
23	<i>Semiplanus eliseevi</i> Kalashnikov, 1974 <i>Калашников Н. В.</i> Раннекаменноугольные брахиоподы Печорского Урала. Л.: Наука, 1974. 220 с.	C ₃ ; р. Косью, Северный Урал	258/21	Елисеев Александр Иванович*	
24	<i>Strophalosia kaneviensis</i> Kalashnikov, 1993 <i>Калашников Н. В.</i> Брахиоподы перми Европейского Севера СССР. СПб.: Наука, 1993. 151 с.	P; р. Подчерем, Северный Урал	279/74	Канев Геннадий Пантелеймонович, (1941—2006), к. г.-м. н., специалист по двустворчатым моллюскам и стратиграфии пермских отложений Европейского Северо-Востока России	
	Хордовые (?) <i>Конodontы</i>				
25	<i>Oulodus tatyanae</i> Sokolova, 2011 <i>Сokolova Л. В.</i> Конодонты рода <i>Oulodus</i> Branson et Menl, 1933 из лландовери западного склона Приполярного Урала // Вестник Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН. 2011. № 10. С. 21—24	S ₁ ; р. Кожым, западный склон Приполярного Урала	443/1	Безносова Татьяна Михайловна, д. г.-м. н., специалист по брахиоподам и стратиграфии ордовикских и силурийских отложений Европейского Северо-Востока России	

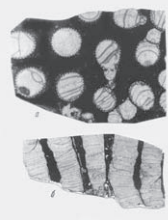
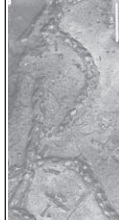
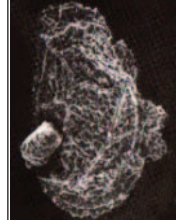
1	2	3	4	5	6
26	<i>Palmatolepis chernovi</i> Soboleva, 2017 Соболева М. А. Новые виды рода <i>Palmatolepis</i> (конодонты) из франских отложений Приполярного и Полярного Урала // Сыктывкарский палеонтологический сборник. 2017. № 8. С. 40—50. (Труды Института геологии Коми научного центра УрО РАН; Вып. 130)	Д ₃ ; р. Малая Уса, Полярный Урал	492/7-138	Чернов Георгий Александрович (1906—2009), д. г.-м. н. Изучал палеозойские отложения Большеземельской тундры и севера Урала. Первооткрыватель Воркутинского угольного месторождения и нефтетазоносного района Большеземельской тундры	
27	<i>Palmatolepis zhuravlevi</i> Soboleva, 2017 Соболева М. А. Новые виды рода <i>Palmatolepis</i> (конодонты) из франских отложений Приполярного и Полярного Урала // Сыктывкарский палеонтологический сборник. 2017. № 8. С. 40—50. (Труды Института геологии Коми научного центра УрО РАН; Вып. 130)	Д ₃ ; р. Кожым, Приполярн. Урал	492/36-7	Журавлев Андрей Владимирович, к. г.-м. н., специалист по конодонтам и стратиграфии позднего палеозоя	
28	<i>Polygnathus tsugankoi</i> Plotitsyn et Gatovsky Плотицын А. Н., Готовский Ю. А. Новые виды конодентов из фаменских отложений (верхний девон) Урала // Палеонтологический журнал (в печати)	Д ₃ ; р. Сывью, Приполярн. Урал	512/11	Цыганко Владимир Степанович, д. г.-м. н., специалист по кораллам и стратиграфии палеозоя Европейского Северо-Востока России	

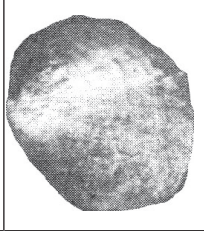
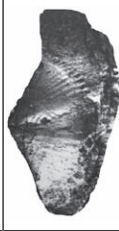
Примечание. Знак (*) — имя повторяется.

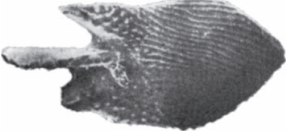
Таблица 2. Ископаемые организмы, названные в честь ученых России

Table 2. Fossils named in honor of Russian scientists

№	Название вида, ссылка на литературу Species, reference	Возраст, местонахождение Age, location	№ coll./ Голотипа No. coll/ holotype	Фамилия ученого, в честь которого назван вид Name of scientist, whose honor the species was named	Изображение голотипа Image of holotype
1	2	3	4	5	6
Царство растения					
<i>Низшие растения</i>					
1	<i>Pinnularia vollosoviczi</i> Losseva, 1982 <i>Лосева Э. И.</i> Атлас позднелиценновых диатомей Прикамья. Л.: Наука, 1982. 204 с.	N ₂ ; р. Кама	185/4	Воллосович Константин Константинович (1909—1973), геолог, исследователь геологии Европейского Северо-Востока, сын полярного исследователя К. А. Воллосовича. Работал в Северном ГУ, занимался съемкой Тимана, п-ова Канин	
<i>Высшие растения</i>					
2	<i>Densosporites meyeriae</i> Telnova, 2004 <i>Тельнова О. П.</i> Новый вид спор из девонских отложений Южного Тимана // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 2004. Т. 24. Вып. 154. С. 17—27	D ₃ ; Южный Тиман	122/1	Мейер-Меликян Нонна Робертовна (1937—2003), палинолог. Внесла большой вклад в разработку палинол. исследований, впервые разработав методику изучения пыльцевых зерен на световом, сканирующем и трансмиссионном электронных микроскопах	
Царство Животные					
<i>Стрекающие</i>					
<i>Коралловые полипы</i>					
3	<i>Eletsia vojnovskyi</i> Tsyganko, 1996 <i>Цыганко В. С.</i> Новая девонская стауриида (Rugosa) // Сыктывкарский палеонт. сборник. 1996. № 1. С. 25—28 (Тр. Ин-та геол. Коми НЦ УрО РАН. Вып. 89)	D ₁ ; р. Елец, Полярн. Урал	610/1	Войновский-Кригер Константин Генрихович (1894—1979), геолог, палеонтолог, основоположник геологии Полярного Урала	
4	<i>Syuyirphyllum sokolovi</i> Tsyganko, 2014 <i>Цыганко В. С.</i> Новые таксоны ругоз из отложений среднего девона Приполярного Урала // Палеонтологический журнал. 2014. № 2. С. 26—30	D ₂ ; р. Сывью, Приполярн. Урал	459/1	Соколов Борис Сергеевич (1914—2013), геолог, палеонтолог, академик РАН, с 1974 года — президент и почётный член Палеонтологического общества СССР (России). Известный специалист по кораллам	

1	2	3	4	5	6
5	<i>Spasskyella pershinae</i> Tsyganko, 1977 Цыганко В. С. <i>Spasskyella</i> — новый род девонских ругоз // Геология и полезные ископаемые северо-востока европейской части СССР: Ежегодник- 1976. Коми фил. АН СССР. Сыктывкар, 1977. С. 40—44	D ₂ ; р. Сывью, Приполярный Урал	611/1	Спаский Николай Ярославович (1927—1986), биоистратиграф, специалист по кораллам девона. Видовое название в честь А. И. Першиной приводится в табл. 1, № 11	
6	<i>Bsokolovia pershinae</i> Tsyganko, 2016 Цыганко В. С. Новый род кораллов (<i>tabulata</i>) из верхнего девона Приполярного Урала // Палеонтологический журнал. 2016. № 1. С. 29—33 Членистоногие <i>Ракообразные</i>	D ₃ ; р. Шарью, Приполярный Урал	448/1	Академик Б. С. Соколова*. Видовое название в честь А. И. Першиной приводится в табл. 1, № 12	
7	<i>Spinolacia tschigovae</i> Sobolev, 1998 Соболев Д. Б. Новые остракоды из верхнефаменских и турнейских отложений севера Урала // Сыктывкарский палеонтологический сборник. 1998. № 3. С. 60—75. (Труды Института геологии Коми научного центра УрО РАН, Вып. 99) Моллюски <i>Двустворчатые моллюски</i>	С; р. Подчерем, Северный Урал	337/17	Чижова Вера Алексеевна (род. 1925), академик РАЕН, специалист в области палеонтологии и биоистратиграфии девона и карбона Русской платформы	
8	<i>Edmondia muravevi</i> Kanев, 1994 Канев Г. П. Пермские двустворчатые моллюски гряды Чернышева. Сыктывкар: Коми НИЦ УрО РАН, 1994. С. 40—50	P ₂ ; р. Кожим, гряда Чернышева	363/4	Муравьева И. С. — исследователь верхнепалеозойских и триасовых образований востока Русской платформы	
9	<i>Oprokiella tschernyschewi</i> Plotnikov, 1949 Плотников М. А. К познанию фауны татарского яруса рек Сухоны и Малой Северной Двины // Ежегодник Всероссийского палеонтологического общества. Т. XIII. М., 1949. С. 91—96	P ₂ ; р. Б. Сыня, Северное Приуралье	299/6	Чернышев Феодосий Николаевич (1859—1914), академик, геолог и палеонтолог, основные работы посвящены стратиграфии и фауне палеозойских отложений Урала, Тимана, Средней Азии и других районов России	
10	<i>Palaeomitella voionovae</i> Kanев, 1978 Канев Г. П. Новые пермские антракосиды Северного и Среднего Приуралья // Биоистратиграфия фанерозоя северо-востока европейской части СССР. Сыктывкар, 1978. С. 17. (Тр. Ин-та геол. Коми фил. АН СССР. Вып. 25)	P ₂ ; р. Сыня, Северное Приуралье	353/930	Воинова Е. В. — геолог	

1	2	3	4	5	6
11	<i>Parallelodon maslennikov</i> Kanev, 2006 <i>Канев Г. П. Класс Bivalvia // Верхняя пермь полуострова Канин. М.: Наука, 2006. С. 116—119</i>	P ₂ ; п-ов Канин	367/13	Масленников Дмитрий Федорович, (1904—1953), геолог, палеонтолог, специалист по пермской фауне СССР	
12	<i>Pseudobakewellia tiurimzevae</i> Kanev, 1998 <i>Канев Г. П. Двустворчатые моллюски // Биота востока Европейской России на рубеже ранней и поздней перми: Материалы к международному симпозиуму «Верхнепермские стратотипы Поволжья». М.: GEOS, 1998. С. 252—253</i>	P ₁ ; р. Кожим, Приполярный Урал	366/8	Муромцева В. А. — специалист по двустворчатым моллюскам	
13	<i>Streblopteria licharewi</i> Kanev, 1994 <i>Канев Г. П. Пермские двустворчатые моллюски гряды Чернышева. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 1994. С. 40—50</i>	P; р. Адзьва, гряда Чернышева	363/44	Лихарев Борис Константинович (1887—1973), известный геолог и палеонтолог, специалист по каменноугольной и пермской фауне СССР	
	Брахиподы				
14	<i>Beescia tenneri</i> (Т. Beznossova), 1985 <i>Безносова Т. М. Новые раннесилурийские брахиоподы Европейского Северо-Востока СССР // Расчленение и корреляция фанерозойских отложений Европейского Севера СССР. Сыктывкар, 1985. С. 12—14 (Тр. Ин-та геол. Коми фил. АН СССР. Вып. 54)</i>	S; р. М. Адак, поднятие Чернышева	183/108	Меннер Владимир Васильевич (1905—1989), геолог, палеонтолог, академик АН СССР, специалист по древним позвоночным	
15	<i>Nuratatella askarov</i> Kalashnikov, 1992 <i>Калашников Н. В., Аскаров Р. Н. Брахиоподы нижнемосковского подъяруса севера европейской части СССР и Средней Азии // Фанерозой Европейского Севера России. Сыктывкар, 1992. С. 64—65 (Тр. Ин-та геол. Коми НЦ УрО РАН. Вып. 75)</i>	C ₂ ; Ср. Азия, хребет Северный Нуратау	248/1	Аскаров Р. Н. — профессор геологического факультета Ташкентского государственного университета	
16	<i>Pseudosyringothyris usritskyi</i> Kalashnikov, 1981 <i>Калашников Н. В. Устрицкий В. И. Брахиоподы // Пермские отложения Новой Земли. Л.: Наука, 1981. С. 59—61</i>	P ₂ ; остров Междушар- ский	271/61	Устрицкий Виталий Иванович (р. 1923), геолог, палеонтолог, специалист по позднепалеозойским брахиоподам Арктики	

1	2	4	5	6
1	Хордовые (?) Конодонты			
17	<i>Tanaisognathus ruzhkovii</i> Judina, 1998 Юдина А. Б. Новый вид конодонтов TANAIISOGNATHUS из фаменского яруса гряды Чернышева // Сыктывкарский палеонт. сборник. 1998. № 3. С. 85—87. (Тр. Ин-та геол. Коми НЦ УрО РАН. Вып. 99)	D ₃ ; р. Шарью, поднятие Чернышева	74/1	Пучков Виктор Николаевич (р. 1938), д. г.-м. н., член-корреспондент РАН (2000). Основные направления научных исследований — стратиграфия, тектоника, история геологического развития и геодинамика Урала и смежных территорий Средней Азии 
18	<i>Siphonodella ludmilae</i> Zhuravlev et Plotitsyn, 2017 Zhuravlev A. V., Plotitsyn A. N. The symmetry of the rostrum as a key to taxonomy of advanced <i>Siphonodella</i> (Conodonts, Early Carboniferous) // Stratigraphy. 2017. Vol. 14. №№ 1—4. P. 457—474	C ₁ ; р. Каменка, Печорская гряда	512/8—19	Кононова Людмила Ивановна (р. 1939), к. г.-м. н., известный специалист по конодонтам девона и карбона 

Примечание. Знак (*) — имя повторяется.

Note. * — Name is repeated



Результаты работы

В ходе изучения многочисленных палеонтологических коллекций установлено, что среди 450 экземпляров голотипов видов ископаемых организмов, хранящихся в фондах музея, 44 названы именами ученых. Приведенный в таблицах 1 и 2 список состоит из 44 палеонтологических видов, названных в честь 32 специалистов в области палеонтологии, стратиграфии, а также геологов других специализаций.

В этом списке присутствуют представители царств растений и животных. Царство животных представлено восемью типами ископаемых организмов, среди которых преобладают брахиоподы. Стратиграфический диапазон распространения рассматриваемых таксонов охватывает интервал от раннего силура до плиоцена.

В первой части приводится список ископаемых организмов, названных в честь сотрудников Института геологии Коми НЦ УрО РАН (табл. 1), во второй — ископаемые организмы, названные в честь ученых России (табл. 2).

Списки даны в систематической последовательности. Для растительных остатков указана принадлежность к крупным систематическим подразделениям разного ранга, для животных — к типу или подтипу животного мира. При значительном числе наименований палеонтологические объекты расположены в алфавитном порядке названий родов. Написание видовых названий приведено в соответствии с оригиналом, т. к. иногда транскрипция одной и той же фамилии пишется неодинаково. Возраст отложений, к которым приурочены находки, и данные о местонахождении приведены в авторской редакции. В отдельной графе приводятся имена ученых, в честь которых назван новый вид таксона, а также краткая характеристика области их научных интересов.

Кроме того, в списке публикаций с первоописаниями таксонов присутствуют указания на малоизвестные ныне издания (50—80-х годов XX века).

Заключение

Автор надеется, что составленный каталог расширит доступ к информации по соответствующим коллекциям, что чрезвычайно полезно при таксономических исследованиях. В дальнейшем планируется создание полного каталога голотипов, хранящихся в геологическом музее.

Литература

1. Жданова Л. Р. Имена геологов в названиях палеонтологических объектов в музее Института геологии Коми НЦ УрО РАН // Сыктывкарский палеонтологический сборник. 2014. № 4. С. 20—23 (Тр. Ин-та геол. Коми НЦ УрО РАН. Вып. 102).
2. Каталог монографических палеонтологических коллекций музея Института геологии КФАН СССР. Сыктывкар, 1980. 31 с.
3. Крымгольц Г. Я., Крымгольц Н. Г. Имена отечественных геологов в палеонтологических названиях, СПб., 2000, 139 с.

References

1. Zhdanova L. R. *Imena geologov v nazvaniyah paleontologicheskikh obektov v muzee Instituta geologii Komi NTs UrO RAN* (The names of geologists in the titles of paleontological objects of the Museum of Institute of geology Komi SC UB RAS). *Syktvykarskii paleontologicheskii sbornik* (Syktvykar paleontological miscellany). 2014, No. 4, pp. 20—23.
2. *Katalog monograficheskikh paleontologicheskikh kollekcii muzeya Instituta geologii Komi filiala AN SSSR* (Catalogue of monographic paleontological collections of the Museum of the Institute of Geology KFAN USSR.) Syktvykar, 1980, pp. 31.
3. Krymgolts G. Ya., Krymgolts N. G. *Imena otechestvennykh geologov v paleontologicheskikh nazvaniyah*. (The names of Russian geologists in the fossil names). St. Petersburg, 2000, 139 pp.

АКАДЕМИАДА-2018: ВОЗВРАЩЕНИЕ КУБКА ACADEMIADA-2018: CUP COMES BACK

March, 2. The annual cross «Academic Ski Race» took place, in which the staff of the institutes of the Komi Science Center. The geologist recovered the Ski Cup of the Komi SC, having won it from the Institute of chemistry.

На лыжной базе «Спортивная» (более известной как «Динамо») 2 марта прошёл ежегодный кросс «Академическая лыжня», в котором приняли участие не только атлеты Коми научного центра, но и примкнувшие к ним друзья и родственники (в основном дети). Это поддерживает весьма внушительную численность участвующих и их соревновательный дух — пьедестал всё равно один.

Погода была прекрасной, а отлично подготовленная лыжня способствовала рекордам. По правилам последних лет забег представлял собой своеобразную гонку преследования, где лыжники стартовали через 15 секунд друг за другом согласно результатам прошлогоднего забега. Кто не участвовал в прошедшей гонке, автоматически оказывался в конце пелотона. Вот почему ежегодное участие является хорошим стимулом для сохранения стартовых позиций.

Теперь кратко по результатам. По-прежнему почти все мужчины пробегают динамовскую «пятёрку» быстрее 30 минут, почти все женщины — быстрее 40 минут. Самая напряжённая борьба идёт среди тех, кто бежит в диапазоне 14—15 минут. Каждые 6 секунд в этом интервале — это одно место. Также стоит отметить то, что к тройке лидеров-мужчин, сильно опережающих основную группу, добавились ещё два лыжника. Теперь пьедестал будет меняться не только путём перестановок, что добавит нашим стартам интриги.

Ну и самое приятное для нас, сотрудников Института геологии, что мы вернули себе лыжный



Победитель прошлогодней гонки готовится к старту

The last year winner is preparing to start

кубок Коми научного центра, отыграв его у Института химии. В командный зачёт идут по 2 лучших результата мужчин и женщин. Так получалось, что у нас очень хорошо бегут мужчины, а у химиков — женщины, но разрывы во времени у прекрасного пола выше. Но в этом году наши геологини (Ксения Куликова и Наталья Носкова) смогли оказать достойное сопротивление, что и определило местоположение лыжного кубка на ближайший год.

Г. Каблис

Хроника

8 марта — 95 лет со дня рождения Антонида Ивановна Першиной (1923—1986).

12 марта—16 марта — на базе Коми научного центра прошла III Всероссийская (XVIII) молодежная научная конференция «Молодежь и наука на Севере».

27 марта — открытие памятной доски академику Николаю Павловичу Юшкину в деревне Иван-Гора.

Chronicle

March 8 — Antonida Ivanovna Pershina's 95th anniversary (1923—1986).

March 12—16 — The 3rd All-Russian (XVIII) youth scientific conference «Molodezh i nauka na Severe» («Youth and Science in the North») was held on the basis of the Komi Science Center.

March 27 — Opening of a commemorative plaque to academician Nikolay Pavlovich Yushkin in the Ivan-Gora village.



К 95-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ А. И. ПЕРШИНОЙ (1923–1986) CELEBRATING THE 95TH ANNIVERSARY OF A. I. PERSHINA (1923–1986)

March 8, 2018, marks the 95th Anniversary of Antonida Ivanovna Pershina (1923–1986). She was a famous geologist and scientist, one of the pioneers of the stratigraphy of Paleozoic western slope of the Northern Urals and the Timan-Pechora province.

Антонида Ивановна родилась в 1923 году в деревне Сорд села Визинга Сысольского района Республики Коми. В декабре 1941 года она поступила на геологический факультет Карело-Финского государственного университета, который на период военного времени был эвакуирован в Сыктывкар. Позднее, в 1944 году, университет вернулся в Петрозаводск, где в июне 1946 года Антонида Ивановна получила диплом по геолого-палеонтологической специальности. После непродолжительной работы в тресте «Ленгеолнеруд», связанной с поисками кварцитов для строительства московского Дворца Советов, Антонида Ивановна возвращается в Сыктывкар и в конце 1946 года становится младшим научным сотрудником в секторе геологии Коми базы Академии наук. По предложению А. А. Чернова Антонида Ивановна берется за изучение отложений девонской системы. Первыми в поле её внимания попали девонские отложения правобережья средней Печоры. По результатам этих изысканий в 1954 году был сформирован окончательный геологический отчет, который впоследствии получил высокую оценку и был рекомендован для представления в качестве кандидатской диссертации.

Годом ранее Антонида Ивановна начала изучение силурийских и девонских отложений гряды Чернышева. За шесть лет экспедиционных работ были изучены разрезы на реках Большая Сыня, Вангыр, Шарью, Уса, многочисленных притоков рек Адыва и Большая Роговая. Параллельно Антонида Ивановна продолжала работу над диссертацией, которую она успешно защитила в 1959 году в Геологическом институте АН СССР в Москве. В 60-е годы она становится признанным специалистом по силурийским и девонским брахиоподам региона. Кроме того, начиная с 1960 года А. И. Першина начала активно формировать свою рабочую геологическую группу. Так под ее началом оказались А. Данилов, Э. С. Щербаков, В. С. Цыганко, Н. А. Боринцева и В. П. Волкова. Позднее группа пополнилась А. И. Антошкиной, С. В. Мельниковым и Т. М. Безносовой. Дальнейшие изыскания А. И. Першиной и ее группы связаны с изучением ордовикских, силурийских и девонских отложений верхней Печоры, западного склона севера Урала, южной части гряды Чернышева и Пай-Хоя в 60-70-х годах прошлого столетия. В 1980–1983 годах Антонида Ивановна становится одним из инициаторов, организаторов и активных участников полевого геологического семинара на стратотипических и опорных разрезах силура и нижнего девона на р. Кожим (Приполярный Урал). Участие в этом геологическом семинаре было ее последним выездом в поле. После продолжительной болезни 7 сентября 1986 года Антонида Ивановна скончалась.



Несмотря на ранний уход, Антонида Ивановна Першина оставила после себя огромное научное наследие и заложила крепкий фундамент, на котором базируются современные представления о геологическом строении палеозоя севера Урала, гряды Чернышева, Тимана и Пай-Хоя. Эти данные отражены в 76 научных трудах Антониды Ивановны, среди которых пять крупных монографий. Эти публикации пользуются большим спросом и не потеряли своей актуальности в настоящее время. А. И. Першиной были выявлены 22 новых вида брахиопод девона, однако до публикации из-за нехватки времени удалось довести только шесть. Её огромный вклад в геологию неоднократно отмечался не только благодарностями и почетными грамотами, но и высокими государственными наградами. В 1966 году она была удостоена ордена Трудового Красного Знамени. И все же самым главным достижением Антониды Ивановны можно по праву считать ее последователей. Практически все ее ученики защитили кандидатские и докторские диссертационные работы и стали известными специалистами в различных областях геологии. Дело, которому Антонида Ивановна посвятила свою жизнь, успешно продолжается.

Литература

1. Безносова Т. М., Цыганко В. С. Вклад А. И. Першиной в палеонтологию и стратиграфию палеозоя Европейского Северо-Востока // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2013. № 3. С. 24–25.
2. Цыганко В. С. Антонида Ивановна Першина / Коми научный центр УрО Российской академии наук. Сыктывкар, 1994. 28 с. (Люди науки. Вып. 6).
3. Цыганко В. С., Безносова Т. М. Першинские маршруты. К 80-летию со дня рождения А. И. Першиной (1923–1986) // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2003. № 3. С. 13–15.

НОВЫЕ ПОСТУПЛЕНИЯ В ФОНДЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ ИМ. А. А. ЧЕРНОВА NEW COLLECTIONS DEPOSITED IN THE A. A. CHERNOV GEOLOGICAL MUSEUM

Thirteen new collections had been deposited in the A. A. Chernov Geological Museum last year. Most of the collections are paleontological (stromatoporoidea, ostracoda, corals, tentaculoids, spores, and conodonts). The lithological and mineralogical collections are spread as well.

Современные фонды музея насчитывают более 210 тыс. единиц хранения, объединенных в 650 монографических и 152 рабочие коллекции. Строгая систематизация фондовых коллекций музея позволяет активно использовать эти материалы как сотрудникам института, так и другим специалистам для решения актуальных геологических задач.

Ежегодно сотрудники Института геологии пополняют фонды музея уникальными образцами. За прошедший год в фонды музея поступило 13 геологических коллекций. К категории монографических, т. е. содержащих геологические образцы, которые были использованы в научных статьях, были отнесены 11 коллекций. Две коллекции дополнили выставочный фонд.

Большая часть поступлений связана с ископаемыми органическими остатками. Коллекция шлифов Е. В. Антроповой содержит строматопороидеи из верхнеордовикских и силурийских отложений западного склона Приполярье. В описании коллекции указан целый ряд новых видов строматопороидей: *Cystostroma prodigiosum* sp. nov., *Stylostroma flabellatum* sp. nov., *Labechiina arguta* sp. nov., *Ecclimadictyon faveolatum* sp. nov. и *Araneosustroma astroplexum* sp. nov. [1]. Палеонтологический фонд пополнился коллекцией кораллов (Tabulata) из верхнего девона Приполярье. Коллекция В. С. Цыганко включает новый род и вид кораллов: *Sokolovia pershiniae* Tsyganko. После изучения верхнесилурийских и нижнедевонских отложений на левом притоке р. Адзвы В. А. Салдин передал в музей коллекцию остракод. В основном это остракоды отряда Lepaditiscorida, характерные для овинпармского горизонта Приполярье Урала, северсальских слоев о-ва Долгий и михайловского горизонта Среднего Урала [4]. Впервые в палинологических препаратах обнаружены органические остатки тентакулитов (зооморфы) фаменского возраста (Ю. Тиман, скв. 1 — Сосновка), которые автор находки О. П. Тельнова передала в музей [2]. Также благодаря О. П. Тельновой

музей получил коллекцию препаратов со спорами высших растений *Ancyrospora melvillensis* из девонских отложений Южного Тимана. Кроме того, фонд музея пополнился позднедевонско-раннекаменноугольными конодонтами из разрезов Урала и Приуралья. А. В. Журавлевым и А. Н. Плотичным сданы коллекции, которые включают в себя голотипы таких стратиграфически важных видов конодонтов, как *Polygnathus postvogesi* Plotitsyn et Zhuravlev [3], *Siphonodella gladia* Zhuravlev et Plotitsyn [6] и *Siphonodella carinata* Zhuravlev [5].

Литологическое собрание пополнилось двумя коллекциями Е. С. Пономаренко, которые характеризуют рифогенные и склоновые образования Северного Урала. Минерально-сырьевая коллекция пополнилась образцами железных руд Криворожского бассейна и шлаками (В. П. Лютоев). Из фондов «МИРЕКО» коллектив авторов передал учебную коллекцию минералов бериллия. 148 образцов минералов, горных пород и руд дополнили выставочный фонд.

Литература

- Антропова Е. В. Новые виды строматопороидей из верхнеордовикских и силурийских отложений западного склона Приполярье Урала // Палеонтологический журнал. 2007. № 6. С. 9—11.
- Маршалл Д. Е. А., Тельнова О. П. Тентакулиты в палинологических препаратах: новая находка в фаменских отложениях (поздний девон Южного Тимана) // Палеонтологический журнал. 2012. № 3. С. 11—13.
- Плотичин А. Н., Журавлев А. В. Новый вид конодонтов рода *Polygnathus* из турнейских отложений севера Урала, гряды Чернышева и Пай-Хоя // Палеонтологический журнал. 2017. № 3. С. 77—80.
- Цыганко В. С., Безносова Т. М., Салдин В. А., Талимаа В. Н. Пограничные отложения силура и девона на севере гряды Чернышева (материалы изучения опорного разреза на ручье Дэршор) // Биостратиграфия фанерозоя Тимано-Печорской провинции: тр. Ин-та геологии Коми науч. центра Урал. отд-ния АН СССР. Сыктывкар, 1989. Вып. 73. С. 21—31.
- Zhuravlev A. V. A new species of the conodont genus *Siphonodella* Branson & Mehl (late Tournaisian) // Estonian Journal of Earth Sciences. 2017. V. 66. № 4. P. 188—192.
- Zhuravlev A. V., Plotitsyn A. N. The symmetry of the rostrum as a key to taxonomy of advanced *Siphonodella* (Conodonts, Early Carboniferous) // Stratigraphy. 2017. V. 14. №№ 1—4. P. 213—231.
- Л. Р. Жданова, И. С. Астахова



Строматопорово-микробиальная калитра (фото Е. С. Пономаренко)

Stromatopore and microbial caliptra (photo by E.S. Ponomarenko)

Ответственный за выпуск:

А. Н. Плотичин

Редакторы издательства:

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

Компьютерная верстка

А. Ю. Перетягина, Г. Н. Каблиса

Свид. о рег. средства массовой информации

ПИ № ФС77-56817 от 29.01.2014

Подписано в печать 08.05.2018

Тираж 180

Заказ 1067

Редакция:

167982, Сыктывкар, Первомайская, 54

Тел.: (8212) 24-51-60

Факс: (8212) 24-09-70

E-mail: vestnik@geo.komisc.ru

На обложке использованы фото И. Астаховой, Н. Ильиной, А. Перетягина