



ИГ УФИЦ РАН

ISSN 2619-0087

*Геологический
Вестник*

№ 2, 2024

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК

2024. № 2

Главный редактор
Пучков В. Н.*Заместитель
главного редактора*
Ковалев С. Г.*Редакционная
коллегия:*
Абдрахманов Р. Ф.
Артюшкова О. В.
Голованова И. В.
Горожанин В. М.
Горожанина Е. Н.
Данукалова Г. А.
Знаменский С. Е.
Кузнецов А. Б.
Кузнецов Н. Б.
Кулагина Е. И.
Маслов А. В.
Мустафин С. К.
Наугольных С. В.
Осипов В. И.
Пыстин А. М.
Рожнов С. В.
Савельев Д. Е.
Сергеева Н. Д.
Сначев А. В.
Эрнст Р.
Якупов Р. Р.*Учредитель:*
УФИЦ РАН*Адрес редакции:*
450000, г. Уфа,
ул. К. Маркса, 16/2
Институт геологии
Тел.: (347) 272-76-36
E-mail: ig@ufaras.ru© Институт геологии
УФИЦ РАН, 2024
© Авторы статей, 2024**Содержание**

<i>Р. Р. Якупов</i> Ордовикские ихнофоссилии западного склона Южного Урала	3
<i>Т. М. Мавринская, А. Р. Шарипова, В. Н. Пазухин</i> Конодонты фаменского яруса верхнего девона — турнейского яруса нижнего карбона свиты горы Магнитной	13
<i>Г. А. Данукалова, Е. М. Осипова, А. С. Застрожных</i> Моллюски из отложений верхнего хазара местонахождения Ветлянка (Нижняя Волга, Россия) и реконструкции палеоэкологических условий	21
<i>А. Г. Яковлев, Т. И. Яковлева</i> Голоценовые земноводные, пресмыкающиеся и мелкие млекопитающие из местонахождения пещера Гребневая (р. Юрюзань, Южный Урал)	39
<i>С. А. Дьякова, Н. Д. Сергеева, Р. А. Гатауллин, Т. Р. Абдеев, М. Р. Лукманова</i> Минералого-петрографические и геохимические особенности пород старопетровской свиты верхнего венда в разрезе скважины 4 Аслыкульская (Волго-Уральская область)	49
<i>А. Г. Султанова, С. В. Мичурин</i> Некоторые вопросы геохимии лития и его распределение в рифейских породах Южного Урала	65
<i>А. В. Маслов</i> Тонкозернистые обломочные породы шельфовых и турбидитовых осадочных ассоциаций: положение точек состава на различных дискриминантных диаграммах	81
<i>А. М. Косарев, В. М. Горожанин, Е. Н. Горожанина, Г. Т. Шафигуллина</i> Геология, геодинамика и структурные особенности северной части Сакмарской зоны (Южный Урал)	90
<i>А. А. Самигуллин, С. В. Мичурин</i> Первые данные по гипергенной минерализации черных сланцев зигазино-комаровской свиты разреза Кагарманово (Южный Урал)	117
<i>П. В. Казаков, А. В. Сначёв</i> Разновозрастные ложковые россыпи Яратовская и Воронцовский Лог: морфогенетические особенности золота и его источники (Южный Урал)	130
<i>Г. А. Данукалова, Ю. В. Соколов, П. Г. Полежанкина, Е. М. Осипова</i> Природные объекты долины реки Юрюзань (от устья р. Усть-Канда до горы Янгантау, Южное Предуралье)	137
<i>А. И. Смирнов</i> Экзогенные геологические процессы Республики Башкортостан и активность их развития в последнее десятилетие (2013–2023 гг.)	183

GEOLOGICHESKII VESTNIK

2024. No. 2

Editor-in-Chief

Puchkov V.N.

Deputy Editor

Kovalev S.G.

Editorial board:

Abdrakhmanov R.F.

Artiushkova O.V.

Danukalova G.A.

Ernst R.

Golovanova I.V.

Gorozhanin V.M.

Gorozhanina E.N.

Kulagina E.I.

Kuznetsov A.B.

Kuznetsov N.B.

Maslov A.V.

Mustafin S.K.

Naugolnykh S.V.

Osipov V.I.

Pystin A.M.

Rozhnov S.V.

Savel'ev D.E.

Sergeeva N.D.

Snachev A.V.

Yakupov R.R.

Znamenskii S.E.

Constitutor:

UFRC RAS

Editorial address:

450000, Ufa,

Karl Marks st., 16/2.

Institute of Geology.

Tel.: (347) 272-76-36

E-mail: ig@ufaras.ru

© Institute of geology

UFRC RAS, 2024

© Articles authors, 2024

Contents

<i>R. R. Yakupov</i> Ordovician ichnofossils from western slope of Southern Urals.....	3
<i>T. M. Mavrinskaya, A. R. Sharipova, V. N. Pazukhin</i> Conodonts of the Famennian stage Upper Devonian — Tournaisian stage Lower Carboniferous Gora Magnitnaya Formation	13
<i>G. A. Danukalova, E. M. Osipova, A. S. Zastrozhnov</i> Molluscs from the Upper Khazar deposits at the Vetlyanka locality (Lower Volga area, Russia) and reconstructions of the palaeoenvironment	21
<i>A. G. Yakovlev, T. I. Yakovleva</i> Holocene amphibians, reptiles and small mammals from the Grebnevaya Cave locality (Yuryuzan River, Southern Urals).....	39
<i>S. A. Dyakova, N. D. Sergeeva, R. A. Gataullin, T. R. Abdeev, M. R. Lukmanova</i> Mineralogical, petrographic and geochemical features of the rocks of the Upper Vendian Staropetrovskaya Formation in the section of well 4 Aslykul (Volga-Uralian area).....	49
<i>A. G. Sultanova, S. V. Michurin</i> Some issues of lithium geochemistry and its distribution in Rifhean rocks of the Southern Urals.....	65
<i>A. V. Maslov</i> Fine-grained clastic rocks of shelf and turbidite sedimentary associations: position of data points on various discriminant diagrams.....	81
<i>A. M. Kosarev, V. M. Gorozhanin, E. N. Gorozhanina, G. T. Shafigullina</i> Geology, geodynamics and structural features of the northern part of the Sakmara zone (Southern Urals).....	90
<i>A. A. Samigullin, S. V. Michurin</i> First dates about hypogene mineralization of black shales of Zigaza-Komarovo Formation of Kagarmanovo section (Southern Urals).....	117
<i>P. V. Kazakov, A. V. Snachev</i> Different-age ravine placers Yaratovskaya and Vorontsovskiy Log: morphogenetic features of gold and its sources (Southern Urals).....	130
<i>G. Danukalova, Yu. Sokolov, P. Polezhankina, E. Osipova</i> Natural objects of the Yuryuzan River valley (from the mouth of the Ust-Kanda River to the village of Yangantau, Southern Fore-Urals).....	137
<i>A. I. Smirnov</i> Exogenous geological processes of the Republic of Bashkortostan and activity of their development in the last decade (2013-2023)	183

Научная статья

УДК 551.733 (470.52)

DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-1

ОРДОВИКСКИЕ ИХНОФОССИЛИИ ЗАПАДНОГО СКЛОНА ЮЖНОГО УРАЛА

Р. Р. Якупов

Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), jakupov@ufaras.ru 450077, г. Уфа, ул. К. Маркса, 16/2

Ордовикские отложения западного склона Южного Урала известны в трёх структурно-формационных зонах: Западнозилайской, Восточнозилайской и в зоне Уралтау. В последние годы накоплены новые данные по палеонтологическим датировкам и внесены изменения в возраст региональных стратиграфических подразделений. Наибольшие изменения коснулись зоны Уралтау, где свиты суваньякского комплекса, ранее относимые к докембрию, на геологических картах масштаба 1:200000 получили ордовикский и силурийский возраст.

Впервые описаны ихнофоссилии из ордовикских отложений западного склона Южного Урала. Установлены выраженные ихнокомплексы, относящиеся к двум ихнофациям: глубоководной нерейтовой и прибрежной — сколитовой. Нерейтовая ихнофация представлена ихнофоссилиями *Bergaueria* isp., *Cosmorhaphe* isp., *Helminthopsis* isp., *Megagraption* isp., сколитовая — *Skolithos linearis* Haldeman, *Roziella* isp., *Bergaueria* isp., *Planolites* isp. Западнозилайская часть разреза формировалась в условиях сколитовой ихнофации, т. е. в пределах мелководного шельфа. Восточнозилайская и зона Уралтау — в глубоководных обстановках подножия континентального склона в условиях нерейтовой ихнофации. Полученные результаты хорошо согласуются с палеонтологическими, геохимическими и седиментологическими данными и позволяют привлекать ихнофоссилии для палеофациальных построений.

Ключевые слова: ордовик, обстановки осадконакопления, ихнофоссилии, Южный Урал

Благодарности: Автор выражает глубокую признательность за помощь в изучении ордовикских ихнофоссилий Южного Урала и ценные замечания к статье В. М. Горожанина.

Публикация выполнена по государственной программе «Фундаментальные исследования. Основные события фанерозоя: палеонтология, стратиграфия, корреляция». Код (шифр) научной темы FMRS-2022–0010.

Original article

ORDOVICIAN ICHNOFOSSILS FROM WESTERN SLOPE OF SOUTHERN URALS

R. R. Yakupov

Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa, Russia, jakupov@ufaras.ru

Ordovician deposits of the western slope of the Southern Urals are known in three structural-formational zones: West Zilair, East Zilair and in the Uraltau zone. In recent years, new data on paleontological dating have been accumulated and changes have been made to the age of regional stratigraphic units. The greatest changes affected the Uraltau zone, where the formations of the Suwanyak complex, pre-

Для цитирования: Якупов Р. Р. Ордовикские ихнофоссилии западного склона Южного Урала // Геологический вестник. 2024. № 2. С. 3–20. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-1

For citation: Yakupov R. R. (2024) Ordovician ichnofossils from western slope of Southern Urals. *Geologicheskii vestnik*. 2024. No. 2. P. 3–20. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-1

© Р. Р. Якупов, 2024

viously attributed to the Precambrian, were given Ordovician and Silurian ages on geological maps at a scale of 1:200 000.

Ichnofossils from Ordovician deposits on the western slope of the Southern Urals are described for the first time. Pronounced ichnocomplexes have been established that belong to two ichnofacies: deep-sea nereite and coastal scolitic. The nereite ichnofacies is represented by the ichnofossils *Bergaueria* isp., *Cosmorhapha* isp., *Helminthopsis* isp., *Megagraptus* isp., the scolitic ichnofacies – *Skolithos linearis* Haldeman, *Roziella* isp., *Bergaueria* isp., *Planolites* isp. The West Zilairian part of the section was formed under the conditions of the scolitic ichnofacies, in the conditions of a shallow shelf. East Zilair and Uraltau zones — in deep-water environments at the foot of the continental slope in conditions of the nereite ichnofacies. The results obtained are in good agreement with paleontological, geochemical and sedimentological data and make it possible to use ichnofossils to make paleofacies constructions.

Keywords: Ordovician, sedimentary environments, ichnofossils, Southern Urals

Acknowledgments: The author expresses deep gratitude for the assistance in the study of Ordovician ichnofossils of the Southern Urals and valuable comments on the article by V.M. Gorozhanin.

The work was carried out in accordance with the plans of research work of the IG UFRC RAS on the topics of state assignments FMRS-2022–0010.

Введение

Ихнофоссилии или ископаемые следы жизнедеятельности, представляют собой индивидуальные биогенные осадочные текстуры, форма которых обусловлена морфологией оставившего их животного и типом его поведения в осадке. Жизнедеятельность сильно зависит от глубины и гидродинамики бассейна, что позволяет выделять ихнофаии по комплексу ихнофоссилий [Микулаш, Дронов, 2006].

Частота встречаемости следов жизнедеятельности организмов в разрезах ордовика Южного Урала зависит от многих факторов, существенным из которых является распространенность бентосных форм. Великое ордовикское событие биодиверсификации (GOBE — Grate Ordovician Biodiversification Event) связано с заметным увеличением глобального биоразнообразия и эволюционным приспособлением фауны к изменившимся условиям в ордовике [Servais, Harper, 2018]. Эти изменения были выражены в появлении сложных многоуровневых структур биосообществ в бентосе на шельфе и заселении эпипелагических частей палеоокеана. Рост биоразнообразия в среднем ордовике в биоте Южного Урала сменился великим ордовикским вымиранием в позднем ордовике [Якупов, 2023]. Этапы становления и радиации морской органики в Уральском палеоокеане в ордовике сопровождалась изменениями в составе бентоса и в распространении ихнофоссилий.

Ихнофоссилии в ордовикских отложениях западного склона Южного Урала на данной территории недостаточно изучены. Упоминаются «ходы илоедов» в тирляно-кагинской толще [Краузе, Маслов, 1961] и следы жизнедеятельности в бе-

лекейской свите Уралтау [Родионов, Радченко, 1987]. При проведении геолого-съёмочных работ масштаба 1:200000 на западном склоне геолого-съёмщики отмечали следы жизнедеятельности в разнофациальных ордовикских отложениях [Князев и др., 2008; Мосейчук и др., 2010].

Ихнофациальные комплексы определяются гидродинамическими условиями среды и могут контролироваться глубиной палеобассейна. Разные авторы выделяют до 15 континентальных и морских ихнофаций [Buatois, Mangano, 2011]. В данной статье рассматривается модель, включающая 6 основных ихнофаций: *Trypanites*, *Glossifungites*, *Skolithos*, *Cruziana*, *Zoophycos*, *Nereites* [Frey, Pemberton, 1984]. Ихнофациальный анализ имеет свои ограничения по корреляции, связанные с сильной фациальной приуроченностью. Это не позволяет коррелировать разновозрастные отложения отличающихся палеофаций в разных структурно-формационных зонах. Кроме того, ихноценозы принадлежат узкой полосе встречаемости, обусловленной образом жизни и благоприятными условиями для сохранения следов жизнедеятельности. Сложно привязать следы жизнедеятельности к конкретным организмам, похожие биотекстуры могут формироваться разной биотой от венда и доныне. Несмотря на вышеуказанные ограничения, внутри одной палеофациальной обстановки и в ограниченном возрастном интервале ихноценозы будут повторяться и, благодаря этому, можно проводить уверенные сопоставления ихнофаций и ихнофоссилий.

Палеонтологические описания ихнофоссилий из ордовикских отложений западного склона Южного Урала проведены впервые и в дальнейшем могут применяться для решения вопросов

стратиграфии (выделение реперных уровней и корреляция) и палеогеографических построений (ихнофациальная приуроченность следов жизнедеятельности).

Геологическая характеристика отложений с ихнофоссилиями

Ордовикские отложения западного склона Южного Урала представлены двумя типами отложений. В обрамлении Башкирского антиклинория Западнозилаирской зоны — терригенно-карбонатными отложениями бактинской свиты [Мавринская, Якупов, 2016; Мосейчуки др., 2010; Якупов, 2014] и тирляно-кагинской толщи (нижняя часть набиуллинской свиты) [Якупов и др., 2002]. В Восточнозилаирской зоне они сложены мощными ритмичными терригенно-кремнистыми отложениями сухоядской толщи в обрамлении массивов Крака и ее аналогов — акбиикской толщи и белекейской свиты в Уралтауской зоне [Князев и др., 2015; Мавринская, Якупов, 2016]. Положение разрезов с ихнофоссилиями ордовика показано на рис. 1.

В Западнозилаирской зоне самые северные отложения ордовика известны в Юрюзанской структуре. Мощная (до 700 м песчаников в нижней толще) бактинская свита (O_{2-3} bk), по возрасту соответствует тирляно-кагинской толще — средне-верхнего ордовика [Князев и др., 2015; Якупов, 2014; Якупов и др., 2002]. При проведении геолого-съёмочных работ в основании бактинской свиты А. В. Краюшкиным определены ихнофоссилии: *Skolithos linearis* Haldeman, *Roziella* isp., *Rusophycus* isp. [Мосейчук и др., 2010]. Перекрывающие отложения представлены маломощными серыми известковистыми алевролитами с многочисленными отпечатками трилобитов и брахиопод средне-позднего ордовика [Мосейчук и др., 2010; Якупов, 2014].

Южнее, в Тирлянской структуре, тирляно-кагинская толща (O_{2-3} tr) набиуллинской свиты описана как тирлянская свита, с кварцевыми песчаниками в нижней части разреза. Иногда в песчаниках видны прослои с обильными органическими остатками плохой сохранности, чаще всего с многочисленными члениками криноидей. Часто в ней наблюдаются следы жизнедеятельности организмов (фототаблица 1, а — г).

В стратотипе набиуллинской свиты в разрезе Набиуллино карбонатно-терригенные отложения тирляно-кагинской толщи сложены песчанистыми и комковатыми вторичными доломитами, образо-

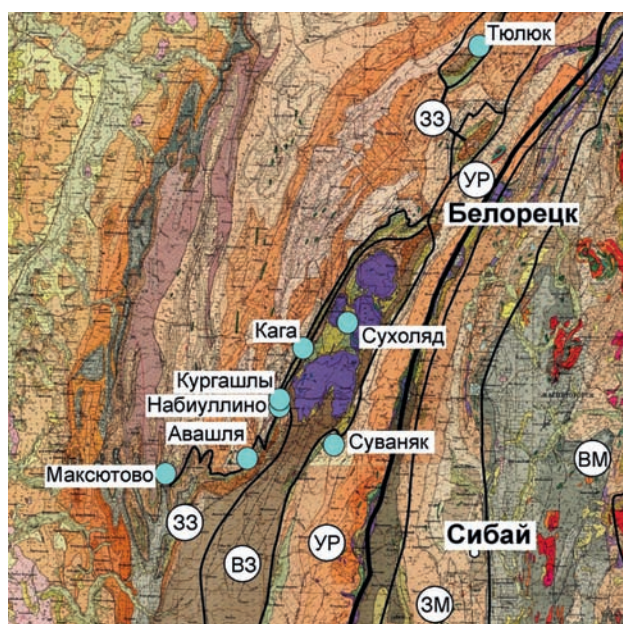


Рис. 1. Фрагмент геологической карты Урала 1:500 000 (1979 г.) с местами находок ихнофоссилий

Условные обозначения: 33 – Западнозилаирская, B3 – Восточнозилаирская, UP – Уралтау, 3М – Западномагнитогорская, BM – Восточномагнитогорская зоны.

Fig. 1. Geological map of Ural 1:500 000 (1979) with ichnofossilian findings

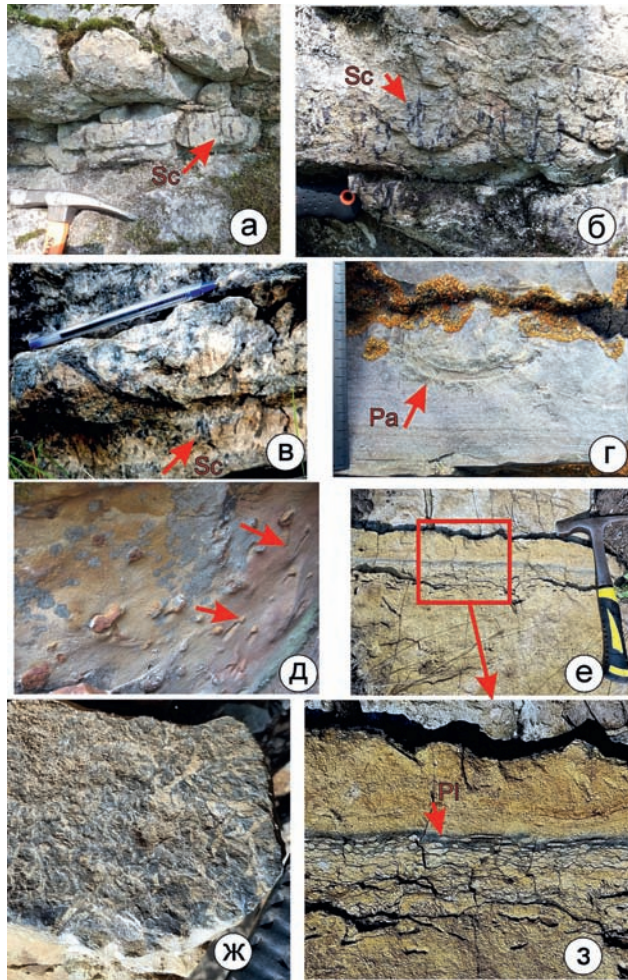
Legend: 33 – West Zilair zone, B3 – East Zilair, UP – Uraltau, 3M – West Magnitogorsk zone, BM – East Magnitogorsk zone.

ванным по известнякам [Горожанина и др., 2021]. Толща датирована средне-верхнеордовикскими конодонтами [Мавринская, Якупов, 2016]. В средней части разреза отмечаются сильно биотурбированные слои (фототаблица 2, а), характерные для шельфовых отложений средней глубинности (не превышающих 300 м).

Верхняя часть разреза хорошо обнажена в разрезе Кургашлы в 1 км севернее от разреза Набиуллино. На хорошо выветрелых поверхностях и в поперечном сечении слоев можно наблюдать слои со следами биотурбации (см. фототаблица 2, е — з).

На юге ордовикские отложения Западнозилаирской зоны обнажены в разрезе у д. Максютново [Краузе, Маслов, 1961]. В скальных обнажениях по правому берегу р. Белой вскрыты кварцевые песчаники косо- и неравномернослоистые с большим количеством ядер брахиопод и члениками криноидей. На поверхности слоев наблюдаются следы ползания брахиопод? (см. фототаблица 1, д), а в поперечном сечении следы зарывания (см. фототаблица 1, г).

В Восточнозилаирской зоне ордовикские отложения описаны как сухоядская толща (O_{1-3} sh)

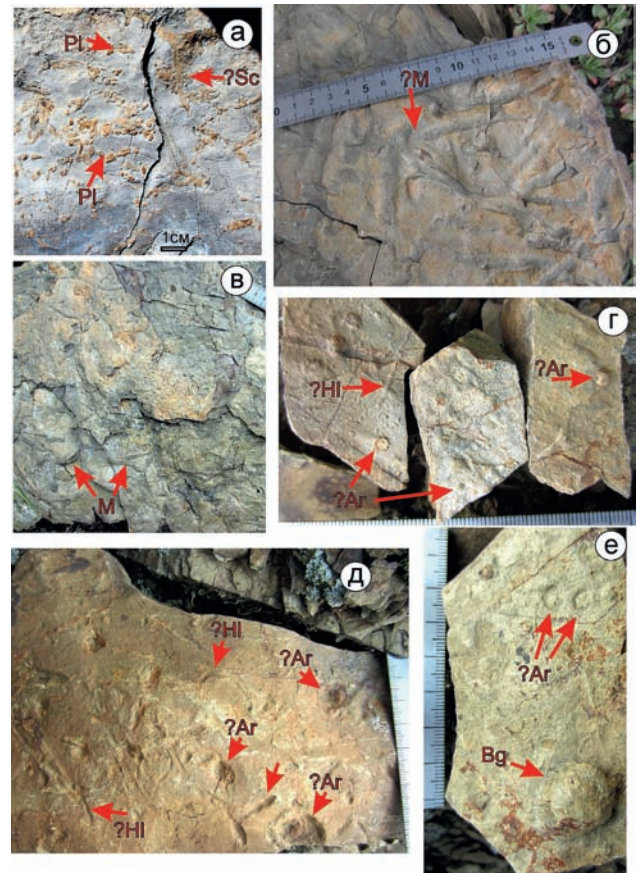


Фототаблица 1. Ихнофоссилии из тирляно-кагинской толщи

а, б – *Skolithos linearis* Haldeman (Sc) и *Polykladichnus* isp. (разветвленные разновидности см. на рис. 1, б) в тирляно-кагинской толще разрез Авашля (фото В.М. Горожанина); в – *Skolithos* isp. (Sc) в тирляно-кагинской толще разрез Тюлюк (фото В.М. Горожанина); г – *Paleophycus* isp. (Pa) в тирляно-кагинской толще разрез Максютово; д – нижняя поверхность слоя со следами ползания брахиопод? в тирляно-кагинской толще разрез Максютово. Стрелочками показан s-образный и прямой ход брахиопод; е, з – *Planolites* isp. (Pl) поперечное сечение слоя в тирляно-кагинской толще из разреза Кургашлы; ж – *Planolites* isp. (Pl) поверхность слоя в тирляно-кагинской толще из разреза Кургашлы.

Photo table 1. Ichnofossils from the Tirlyano-Kaginskaya formation

а, б – *Skolithos linearis* Haldeman (Sc) and *Polykladichnus* isp. (branched varieties in Fig. 1, б) in the Tirlyano-Kaginskaya formation from the Avashlya section (photo by V.M. Gorozhanin); в – *Skolithos* isp. (Sc) in the Tirlyano-Kaginskaya strata, the Tyulyuk section (photo by V.M. Gorozhanin); г – *Paleophycus* isp. (Pa) in the Tirlyano-Kaginskaya formation from the Maksyutovo section; д – lower surface of the layer with traces of crawling brachiopods? in the Tirlyano-Kaginskaya formation from the Maksyutovo section; е, з – *Planolites* isp. (Pl) cross-section of a layer in the Tirlyano-Kaginskaya formation from the Kurgashly section; ж – *Planolites* isp. (Pl) surface of the layer in the Tirlyano-Kaginskaya formation from the Kurgashly section.



Фототаблица 2. Ихнофоссилии из тирляно-кагинской и сухояльской толщ

а – *Planolites* isp. (Pl), *Scolithos* isp. (?Sc) поперечное сечение слоя в тирляно-кагинской толще из разреза Набиулдино; б – *Megagraption* isp. (?M) на поверхности слоя сухояльской толщи; в – *Megagraption* isp. (M) на поверхности слоя сухояльской толщи. Стрелочкой показано разделение хода; г, д – *Helminthopsis* isp. (?Hl), *Arenicolites* isp. (?Ar) гипичния нижней поверхности слоя глинистого алевролита сухояльской толщи со следами жизнедеятельности из разреза Сухоялд; е – Нижняя поверхность слоя. Округлая *Bergaueria* isp. (Bg), *Arenicolites* isp. (?Ar) из разреза сухояльской толщи на р. Сухоялд.

Photo table 2. Ichnofossils from the Tirlyano-Kaginskaya and the Sukholyad formations

а – *Planolites* isp. (Pl), *Scolithos* isp. (?Sc) cross-section of a layer in the Tirlyano-Kaginskaya formation from the Nabiullino section; б – *Megagraption* isp. (?M) on the surface of the Sukholyad formation layer; в – *Megagraption* isp. (M) on the surface of the Sukholyad formation layer. *Helminthopsis* isp. surface of a layer of clay siltstone of the Sukholyad formation from the Sukholyad section; г, д – *Helminthopsis* isp. (?Hl), *Arenicolites* isp. (?Ar) hypichny of the lower surface of the Sukholyad formation layer with traces of vital activity from the Sukholyad section; е – Bottom surface of the layer. Round *Bergaueria* isp. (Bg), *Arenicolites* isp. (?Ar) from the section of the Sukholyad formation on the river Sukholyad.

со стратотипом на р. Сухоялд [Якупов, 2002]. Мощная (до 900 м) ритмичная толща переслаивания песчаников кварцевых, алевролитов глинистых,

аргиллитов и небольшим количеством кремней датирована находками граптолитов и хитиной в основании и средней части толщи и конодонтами в верхней части [Мавринская, Якупов, 2016; Якупов, 2002, 2009]. Многочисленные следы ползания (фототаблица 3; фототаблица 4, а — б) и зарывания (см. фототаблица 2, е) на поверхностях слоев относятся к ихнофафии *Nereites* характерной для абиссальных условий.

В зоне Уралтау полными литологическими и возрастными аналогами сухолядской толщи считается слабо метаморфизованная акбиикская толща (O_1 ak) и белекейская свита (O_{2-3} bk) [Князев и др., 2008, 2015; Якупов, 2008]. Они хорошо обнажены в скальных выходах в среднем течении р. Суваняк. Большая часть акбиикской свиты сложена кварцевыми песчаниками светло-серыми параллельнослоистыми с прослоями глинисто-кварцевых сланцев и пачками переслаивания сланцев и кварцевых песчаников с текстурами взмучивания, конседиментационной складчатостью и с многочисленными биероглифами (см. фототаблица 4, в).

В основании перекрывающей акбиикскую толщу белекейской свиты (O_{2-3} bk), непосредственно на контакте собраны хитинозой основания среднего ордовика [Мавринская, Якупов, 2016]. Массивные текстуры, следы взмучивания и разнозернистая гранулометрия свидетельствуют об интенсивно проявленной гидродинамике бассейна. Чередование литологических разностей описано Ю.Г. Князевым [Князев и др., 2008] как проксимальная флишoidная формация, формирование которой происходило на континентальном склоне пассивной окраины континента. В ней также встречаются многочисленные следы жизнедеятельности организмов. Комплекс ихнофоссилий из этих разрезов по ряду признаков относится автором к ихнофафии *Nereites* [Микулаш, Дронов, 2006].

Фактический материал

Описание и фотографии большинства ихнофоссилий сделаны *in situ* в ходе полевых работ автора с 2012 года. Фотографии ихнофоссилий из разрезов Авашля и Тюлюк любезно предоставлены В.М. Горожаниным. Большая часть следов жизнедеятельности представляют собой эпихнии и гипихнии [Микулаш, Дронов, 2006] — биогенные текстуры, сохранившиеся на поверхностях напластования. Для описания использовалась схема, принятая для описания ихнофоссилий, классификация искусственная,



Фототаблица 3. Ихнофоссилии из разреза Суваняк

а — *Helminthopsis* isp. (HI) на нижней поверхности слоя серицит-кварцевого алевролита белекейской толщи из разреза Суваняк (устье руч. Белекей-елга); б — следы ползания (эпихния) и отпечатки фрагментов *Megagraption* isp. (M) сухолядской толщи из разреза Сухоляд; в, г, д — *Helminthopsis* isp. (HI) на нижней поверхности слоя со знаками ряби серицит-кварцевого алевролита белекейской толщи из разреза Суваняк (устье руч. Белекей-елга).

Photo table 3. Ichnofossils from the Suvanyak section

а — *Helminthopsis* isp. (HI) on the lower surface of a layer of sericite-quartz siltstone of the Belekei formation from the Suvanyak section (the mouth of the Belekei-Elga stream); б — traces of crawling (epichnia) or prints of fragments of *Megagraption* isp. (M) on the lower surface of a layer with ripple marks of sericite-quartz siltstone of the Belekei formation from the Suvanyak section (the mouth of the Belekei-Elga stream).

основана на морфологических признаках и размерах. Этологические признаки (*domichnia*, *subichnia*, *pasichnia*) [Микулаш, Дронов, 2006] расшифрованы в описаниях. Ихнофоссилии на данный момент определены до рода, видовые названия не приводятся, используется обозначение *ichnospecies* (isp.). Описания приведены в алфавитном порядке.

Ichnogenus *Arenicolites* Salter, 1857

?*Arenicolites* isp. (см. фототаблица 2, г, д, е)

Материал. Образец 10304а

Описание. Две концентрические ямки (эпихния) одинакового размера на нижней поверхности слоя кварцевого алевролита до 7 мм в диаметре на расстоянии 10 мм друг от друга. Углубленное кольцо стенки и выпуклая часть в центре, что предполагает футеровку стенки. Поперечное сечение хода фрагментарное — на боковой поверхности образца частично сечет аналогичную ямку. Шпрейты (дугообразные перемычки между норками) отсутствуют.

Замечание. На поверхностях напластования массово встречаются одиночные ямки, которые раньше интерпретировались как «следы капель дождя» или выходы пузырьков газа на поверхность слоя. Оставлены они, скорее всего, зарывающимися червеобразными организмами и могут интерпретироваться как жилые (*domichnia*) текстуры. Данная ихнофоссилия не характерна для глубоководных обстановок. Отсутствие самой норки и полного поперечного среза не позволяет уверенно отнести ее к *Arenicolites* isp.

Распространение. Сухолядская толща Восточно-нозилайрской зоны Южного Урала.

Ichnogenus *Bergaueria* Prantl, 1946

Bergaueria isp. (см. фототаблица 2, е)

Материал. Образец 10304

Описание. Округлый полусферический выступ на нижней поверхности слоя (эпихния) диаметр 18 мм высотой 9 мм. Скульптура на поверхности отсутствует.

Замечание. *Bergaueria* обычно интерпретируется как покоящиеся (*subichnia*) или жилые (*domichnia*) структуры цериантинидных или актинариевых анемонов [Pemberton et al., 1988]. Нахождение в глубоководных отложениях возможно, хотя чаще встречаются в более мелководных ихнофациях.

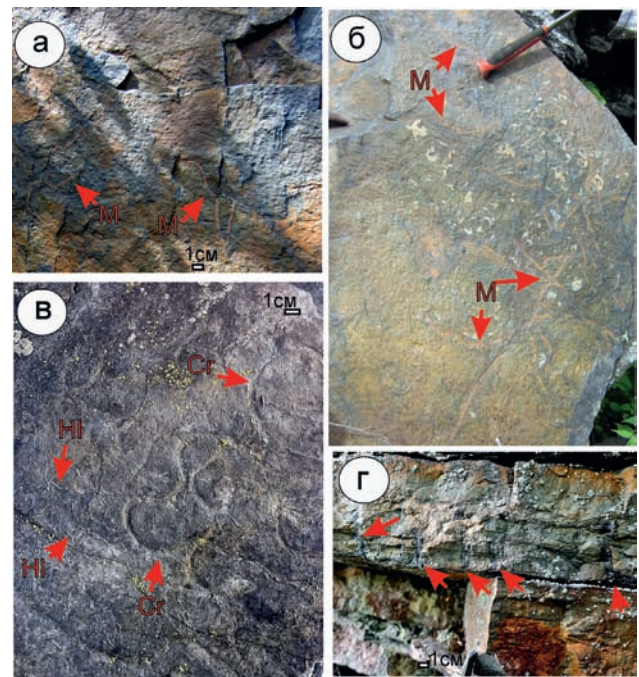
Распространение. Сухолядская толща Восточно-нозилайрской зоны Южного Урала.

Ichnogenus *Cosmorhapse* Fuchs, 1895

Cosmorhapse isp. (см. фототаблица 4, в)

Материал. Фотография поверхности слоя из разреза на р. Суваняк.

Описание. Меандрирующий след на нижней поверхности слоя серицит-кварцевого алевролита. Ширина следа до 4 мм, глубина 1 мм.



Фототаблица 4. Ихнофоссилии из акбиикской свиты разреза Суваняк

а, б – *Megagraption* isp. (M) на поверхности слоя серицит-кварцевого алевролита акбиикской свиты из разреза Суваняк; в – *Helminthopsis* isp. (HI), *Cosmorhapse* isp. (Cr) на нижней поверхности слоя серицит-кварцевого алевролита акбиикской свиты из разреза Суваняк; г – псевдоихнофоссилии? на поперечном сечении кварцевого алевролита акбиикской свиты из разреза Суваняк. Сходны с *Skolithos* isp. но расположены закономерно и часто не доходят до поверхности слоя, открываясь только в подошве слоя. Вероятно следы выхода газа.

Photo table 4. Ichnofossils from the Akbiik formation of the Suvanyak section

а, б – *Megagraption* isp. (M) on the surface of the Akbiik formation layer from the Suvanyak section; в – *Helminthopsis* isp. (HI), *Cosmorhapse* isp. (Cr) on the lower surface of a layer of sericite-quartz siltstone of the Akbiik Formation from the Suvanyak section; г – pseudoichnofossils? on a cross-section of quartz siltstone of the Akbiik formation from the Suvanyak section. Similar to *Skolithos* isp. but they are located regularly and often do not reach the surface of the layer, opening only at the bottom of the layer. Probably traces of gas escaping.

Замечание. *Cosmorhapse* isp. рассматривается как след питания — поедания поверхности осадка (*pascichnia*).

Распространение. Сухолядская толща Восточно-нозилайрской зоны Южного Урала. Акбиикская толща и белекейская свита зоны Уралтау Южного Урала.

Ichnogenus: *Helminthopsis* Heer (1877)

Helminthopsis isp. (см. фототаблица 2, г, д; фототаблица 3, а, в, г, д; фототаблица 4, в)

Материал. Фотография поверхности слоя из разреза на р. Суваняк.

Описание. Многочисленные прямые и извилистые следы и трубки разной длины — от 4 мм до 150 мм. Диаметр ходов от 1.5 до 3 мм. Признаков футеровки или текстурирования стенки хода не наблюдается.

Замечание. *Helminthopsis* isp. интерпретируется как текстура питания (*pascichnia*) мелкого червеобразного организма.

Распространение. Сухолядская толща Восточнозилайрской зоны Южного Урала. Акбиикская толща и белекейская свита зоны Уралтау Южного Урала.

Ichnogenus Megagraption Książkiewicz, 1968

Megagraption isp. (см. фототаблица 2, в; фототаблица 3, б; фототаблица 4, а, б)

Материал. Фотографии поверхности слоя из разреза на р. Суваняк.

Описание. Крупные ходы заполненные более светлым ожелезненным материалом на темной поверхности хлорит-кварцевого алевролита. Выпуклый гипорельеф. Диаметр уплощенных трубок от 4 до 8 мм. Ветвление под острыми и прямыми углами, нерегулярное.

Замечание. Эти ихнофоссилии относят к следам питания (*pascichnia*) или специализированным следам (*agrichnia*). Типичны для глубоководных отложений. От *Thalassinoides* isp. отличаются протяженными поверхностными ходами и редкими ветвлениями.

Распространение. Сухолядская толща Восточнозилайрской зоны Южного Урала. Акбиикская толща и белекейская свита зоны Уралтау Южного Урала.

Ichnogenus Palaeophycus Hall, 1847

Palaeophycus isp. (см. фототаблица 1, г)

Материал. Фото продольного сечения туннеля из кварцевого песчаника, разрез Максютото.

Описание. Продольное сечение дугообразного субцилиндрического хода, начинающегося и заканчивающегося приблизительно на поверхности одного слоя. Выходы на поверхность слоя отсутствуют. Стенка хода без футеровки, заполнение отсутствует. Внутренняя поверхность стенки не гладкая, есть тонкая продольная штриховка. Диаметр хода 15 мм, длина 95 мм. Нарушает выраженную горизонтальную слоистость в кварцевом песчанике.

Замечание. Относится к текстуре проживания (*domichnia*), если видна футеровка стенки или к следам питания (*pascichnia*). Полифациальный ихнотаксон. От *Arenicolites* isp. отличается размерами хода и наличием внутренней скульптуры стенки.

Распространение. Тирляно-кагинская толща набиуллинской свиты Западнозилайрской зоны Южного Урала.

Ichnogenus Planolites Nicholson, 1873

Planolites isp. (см. фототаблица 1, е, з, ж; фототаблица 2, а)

Материал. Фото поперечного сечения из кварцевого песчаника разреза Кургашлы. Фото поверхности слоя там же. Фото доломитов песчаных из разреза Набиуллино.

Описание. Поперечное сечение слоя, заполненного округлыми и овальными сечениями многочисленных ходов биотурбации. На поверхности слоя многочисленные срезы ходов шириной до 7 мм, длиной до 5 см. Ходы заполнены светлым доломитово-песчаным материалом, субстрат более темного цвета, обогащен фосфатным или кремнистым материалом. Сохранность ходов увеличивается к поверхности слоя. Поверхность контакта темного (фосфатного) материала перекрывающего зону биотурбации интерпретируется как поверхность твердого дна. Диаметр ходов от 3 до 5 мм. Слои с *Planolites* isp. четко выделяются в охристом песчанике кварцевом с небольшим содержанием доломитового цемента в разрезе Кургашлы.

Замечание. Характерны для шельфовых отложений средней глубинности ниже базиса обычных волн, но выше базиса штормовых волн. В разрезе Набиуллино представлены другим видом и схожи с *Thalassinoides* isp. Заполнение ходов на поверхности выветривания проявляется более крепким и светлым материалом. Состав заполнителя идентичен вмещающей породе [Горожанина и др., 2021]. Интерпретируется как ходы кольчатых червей, перемещавшихся за счет перистальтических сокращений.

Распространение. Тирляно-кагинская толща набиуллинской свиты Западнозилайрской зоны Южного Урала.

Ichnogenus: Skolithos Haldemann (1840)

Skolithos linearis Haldeman (см. фототаблица 1, а, б, в)

Материал. Фото поперечного сечения доломитов серых с кварцевым песчанистым материалом из разрезов Авашля и Тюлюк.

Описание. Поперечное сечение слоя доломитов серых с многочисленными вертикальными темными следами сверления. Диаметр ходов до 3 мм, длина до 80 мм. Заполнение норок более темное, иногда железистое.

Замечание. Интерпретируется как жилая структура (*domichnia*). Производятся полихетами, такими как *Agenicola*, *Onurphis* или кольчатými червями.

Распространение. Тирляно-кагинская толща набиуллинской свиты Западнозилаирской зоны Южного Урала.

Обсуждение фактического материала и выводы

Ихнофоссилии массово проявляются в терригенных разрезах западного склона Южного Урала начиная со среднего ордовика и относятся к двум выраженным ихнофациям, привязанным к разным глубинам формирования отложений. В шельфовых терригенно-карбонатных отложениях Западнозилаирской зоны встречаются ихнофоссилии *Skolithos linearis* Haldeman, *Roziella* isp., *Rusophycus* isp., *Planolites* isp. относимых к ихнофации *Skolithos*, а в глубоководных ритмичных терригенных толщах Восточнозилаирской зоны и Уралтау распространены ихнофоссилии *Bergaueria* isp., *Cosmorhapha* isp., *Helminthopsis* isp., *Megagraption* isp. ихнофации *Nereites*.

Косо-, волнистослоистые, массивные разнозернистые песчаники основания тирляно-кагинской толщи набиуллинской свиты типичны для базальных горизонтов шлировой формации мелководного шельфа пассивной окраины континента. Ихнофация *Skolithos* характерна для морских условий с активной гидродинамикой. Вероятно, здесь ихнофоссилии относятся к фации мелководных песчаных пляжей и баров эпиконтинентального моря в приливно-отливной зоне. В приграничных подсилурийских отложениях ихнофоссилии не найдены, что может быть связано с вымиранием морской биоты в хирнанте и изменившимися условиями осадконакопления.

Ихнофация *Cruziana* развивается в сублитеральной зоне в песчанистых доломитах и доломитистых песчаниках средней и верхней части тирляно-кагинской толщи. Характерными ее чертами являются большое разнообразие ископаемых следов

и высокая интенсивность биотурбации, которая проявляется пятью горизонтами биотурбированных слоев в катийской части разреза Набиуллино и Кургашлы [Мавринская, Якупов, 2016].

Ихнофация *Nereites* характерна для абиссальной зоны, в ордовике западного склона Южного Урала для мощных ритмичных отложений континентального склона. В этих условиях формировались флишоидные суходядская и белекейская толщи, а также акбиикская свита.

Сохранность ихнофоссилий разная, роющие и сверлящие организмы оставляли ходы, которые заполнялись терригенным материалом и в разрезе они хорошо выделяются в поперечном сечении, благодаря железистой или фосфатной примеси. Хорошо сохраняются следы питания и ползания на поверхности слоев в глубоководных отложениях Восточнозилаирской зоны.

Отпечатки норок *Arenicolites* isp. могут рассматриваться как следы прикрепления мелких мягкотелых организмов схожих с вендотениями. Этот вопрос требует более глубокого изучения. Большинство явно биогенных текстур из суходядской толщи на данный момент трудно определить. Ордовикские ихноценозы из глубоководных отложений Восточнозилаирской зоны и зоны Уралтау представлены большим количеством ихнофоссилий, что отражает этап взрывной радиации GOBE в дарривильском веке среднего ордовика.

Несмотря на то, что во второй толще бактинской свиты установлены слои, переполненные трилобитами и раковинами гастропод и брахиопод [Мосейчук и др., 2010; Якупов, 2014], следов ихнофации *Cruziana* в ней не описано. Требуется детальное изучение разрезов бактинской свиты в стратотипической местности с поиском ихнофоссилий (Юрюзанская структура) в Западнозилаирской зоне. Появление горизонтов интенсивной биотурбации осадка в разрезах Набиуллино и Кургашлы определенных как *Planolites* isp. и проявления обстановок твердого дна может говорить о колебательных эвстатических процессах при постепенном углублении бассейна со сменой ихнофации *Skolithos* на ихнофацию *Cruziana*.

Сопоставление суходядской толщи Восточнозилаирской зоны и разрезов акбиикской толщи и белекейской свиты зоны Уралтау выполнено по литолого-седиментологическим данным [Князев и др., 2008], находкам хитинозой [Якупов, 2008, 2009], и их одновозрастность не вызывает сомнений. Находки следов жизнедеятельности показывают, что в разрезах зоны Уралтау ихнофоссилии представлены той же ихнофацией *Nereites*,

что и в разрезе Сухоляд Восточнозилаирской зоны. Это подтверждает представления о том, что в зоне Уралтау отложения являются слабо метаморфизованным аналогом сухолядской толщи. Выделенные в зоне Уралтау толщи и свиты формировались на той же глубине, в одинаковых условиях с отложениями Восточнозилаирской зоны и с тем же набором ихнофоссилий.

Ихнофоссилии ордовика западного склона Южного Урала, несмотря на недостаточную изученность, демонстрируют хорошую встречаемость, а ихнофашии могут служить реперными уровнями определения глубины палеобассейна. Они показывают возрастную интервал этапов заселения активным бентосом мелко- и глубоководных обстановок и могут применяться для корреляции ордовикских отложений Уральского палеоокеана.

Список литературы

Горожанина Е. Н., Горожанин В. М., Якупов Р. Р., Мавринская Т. М. Литофациальные особенности и палеогеографические условия накопления отложений верхнего ордовика в разрезах Набиулло и Кургашлы (Южный Урал) // Геологический вестник. 2021. № 2. С. 58–73. DOI: 10.31084/2619-0087/2021-2-5

Князев Ю. Г., Князева О. Ю., Каримов Т. Р. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Издание второе. Серия Южно-Уральская. Лист N-40-XXVIII. Объяснительная записка. М.: МФ ВСЕГЕИ, 2008. 251 с.

Князев Ю. Г., Князева О. Ю., Каримов Т. Р. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Издание второе. Серия Южно-Уральская. Лист N-40-XXIII (Белорецк). Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. 237 с.

Краузе С. Н., Маслов В. А. Ордовик, силур и нижний девон западного склона Башкирского Урала. Уфа: БФАН СССР, 1961. 96 с.

Мавринская Т. М., Якупов Р. Р. Ордовикские отложения западного склона Южного Урала и их корреляция по конодонтам и хитинозомам // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 2. С. 333–352.

Микулаш Р., Дронов А. В. Палеоихнология — введение в изучение ископаемых следов жизнедеятельности. Прага: Геологический институт Академии наук Чешской Республики, 2006. 122 с.

Мосейчук В. М., Яркова А. В., Шалагинов А. Э., Коллегов А. К., Кашина Л. В., Рябухина М. Ю., Сапельцева Ю. А. Государственная геологическая карта Российской Федерации м-ба 1:200 000. Издание второе / Ред. В. Н. Пучков. Лист N-40-XVII (Тирлянский). Объяснительная записка, СПб., Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2010. 337 с.

Родионов В. Ю., Радченко В. В. О возрасте и рудоносности отложений зоны сочленения Зилаирского мегасинклинория и Уралтауского антиклинория // Материалы

по геологии и геоморфологии Урала и Приуралья. Уфа: БФ АН СССР, 1987. С. 70–75.

Якупов Р. Р. Основные события ордовика-силура на Южном Урале и региональные задачи событийной стратиграфии // Геологический вестник. 2023. № 3. С. 49–58 DOI: 10.31084/2619-0087/2023-3-5

Якупов Р. Р. Стратотип бактинской свиты ордовика на территории Южно-Уральского заповедника // Труды Южно-Уральского государственного природного заповедника. Вып. 2. Уфа: Гилем, Башк. энцикл., 2014. С. 176–185.

Якупов Р. Р. Хитинозои из метаморфических комплексов Уралтау (Южный Урал) // Новости палеонтологии и стратиграфии. 2008. Т. 49. Вып. 10–11. С. 184–186. (Прил. к журн. «Геология и геофизика»).

Якупов Р. Р. Хитинозои ордовика западного склона Южного Урала // Новости палеонтологии и стратиграфии. 2009. Т. 50. Вып. 12. С. 11–27. (Прил. к журн. «Геология и геофизика»).

Якупов Р. Р., Мавринская Т. М., Абрамова А. Н. Палеонтологическое обоснование схемы стратиграфии палеозоя северной части Зилаирского мегасинклинория. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2002. 158 с.

Buatois L. A., Mangano M. G. Ichnology. Organism-substrate interactions in space and time. Cambridge: University Press, 2011. 358 p.

Frey R. W., Pemberton S. G. Trace fossils facies models // Facies Models. Geoscience Canada Reprint Series. 1984. P. 189–207.

Pemberton S. G., Frey R. W. and Bromley, R. G. The ichnotaxonomy of *Conostichus* and other plug-shaped ichnofossils // Canadian Journal of Earth Sciences. 1988. Vol. 25. P. 886–892. <https://doi.org/10.1139/e88-085>

Servais T. and Harper D. A. T. The Great Ordovician Biodiversification Event (GOBE): definition, concept and duration // Lethaia. 2018. Vol. 51. P. 151–164.

References

Gorozhanina E. N., Gorozhanin V. M., Yakupov R. R., Mavrinskaya T. M. (2021) Litofatsial'nye osobennosti i paleogeograficheskie usloviya nakopleniya otlozhenii verkhnego ordovika v razrezakh Nabiullino i Kurgashly (Yuzhnyi Ural) [Lithofacies features and paleogeographic conditions of accumulation of Upper Ordovician sediments in the Nabiullino and Kurgashly sections (Southern Urals)]. *Geologicheskii vestnik*. № 2. С. 58–73. (In Russian). DOI: 10.31084/2619-0087/2021-2-5

Knyazev U. G., Knyazeva O. U., Karimov T. R. (2008) *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federacii*. Masshtab 1:200000 [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:200 000]. Izдание vtoroe. Seria Yuzhno-Uralskaya. List N-40-XXVIII. Ob'yasnitel'naya zapiska. M.: MF VSEGEI, 2008. 251 s. (In Russian).

Knyazev U. G., Knyazeva O. U., Karimov T. R. (2015) *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federatsii* [State geological map of the Russian Federation] Masshtab 1:200 000. Izдание vtoroe. Seria Yuzhno-Uralskaya. List N-40-XXIII

(Beloret'sk). Ob'yasnitelnaya zapiska. SPb.: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI. 237 c. (In Russian).

Krauze S. N., Maslov V. A. (1961) *Ordovik, silur i nizhnii devon zapadnogo sklona Bashkirskogo Urala* [Ordovician, Silurian and Lower Devonian of the western slope of the Bashkir Urals]. Ufa. BFAN SSSR. 94 p. (In Russian).

Mavrinskaya T. M., Yakupov R. R. (2016) Ordovikskie otlozheniya zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala i ikh korrel'yatsiya po konodontam i khitinozoyam [Ordovician deposits of the western slope of the Southern Urals and their correlation by conodonts and chitinozoans]. *Russian Geology and Geophysics*. 57 (2), 333–352. (In Russian).

Mikulash R., Dronov A. V. (2006) *Paleoikhnologiya — vvedenie v izuchenie iskopaemykh sledov zhiznedeyatel'nosti* [Paleontology — an introduction to the study of fossil traces of life]. Praga: Geologicheskij institut Akademii nauk Cheshskoj Respubliki. 122 c.

Mosejchuk V. M., Yarkova A. V., Shakaginov A. E., Kollegov A. K., Kashina L. V., Ryabukhina M. U., Sapelceva U. A. (2010) *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii* [State geological map of the Russian Federation] / Red. V. N. Puchkov. List N-40-XVII (Tirlyan). Ob'yasnitelnaya zapiska. — SPb.: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI. 337 p.

Rodionov V. U., Radchenko V. V. (1987) O vozraste i rudonosnosti otlozhenii zony sochleneniya Zilair'skogo megasinklinoriya i Uraltauskogo antiklinoriya [On the age and ore content of deposits in the junction zone of the Zilair megasynclinalium and the Uraltau anticlinorium]. *Materialy po geologii i geomorfologii Urala i Priuraliya*. Ufa: BF AN SSSR. C. 70–75.

Yakupov R. R. (2023) Osnovnye sobytiya ordovika-silura na Yuzhnom Urale i regional'nye zadachi sobytiinoi stratigrafii [The main events of the Ordovician-Silurian in the Southern Urals and regional tasks of event stratigraphy]. *Geologicheskii vestnik*. №3. C. 49–58. (In Russian). DOI: 10.31084/2619–0087/2023-3-5

Yakupov R. R. (2014) Stratotip baktinskoi svity ordovika na territorii Yuzhno-Ural'skogo zapovednika [Stratotype of the Ordovician Bakta Formation on the territory of the South Ural Nature Reserve]. *Proceedings of South Urals State natural reserve*. (2) Ufa: Gilem, Bask. encyclopedia. 176–185. (In Russian).

Yakupov R. R. (2008) Khitinozoi iz metamorficheskikh kompleksov Uraltau (Yuzhnyi Ural) [Chitinozoans from metamorphic complexes of Uraltau (Southern Urals)]. *News of paleontology and stratigraphy: prilozhenie k zhurnalu "Geologiya i geofizika"*. 49, (10–11), 184–187. (In Russian).

Yakupov R. R. (2009) Khitinozoi ordovika zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [Ordovician chitinozoans of the western slope of the Southern Urals]. *News of paleontology and stratigraphy: Prilozhenie k zhurnalu "Geologiya i geofizika"*. 50 (12), 11–27. (In Russian).

Yakupov R. R., Mavrinskaya T. M., Abramova A. N. (2002) *Paleontologicheskoe obosnovanie skhemy stratigrafii paleozoya severnoi chasti Zilair'skogo megasinklinoriya* [Paleontological substantiation of the stratigraphic scheme of the northern part of the Zilair synclinalium]. Ekaterinburg. IGG UrO RAN. 158 p.

Buatois L. A., Mangano M. G. (2011) *Ichnology. Organism-substrate interactions in space and time*. Cambridge: University Press. 358 p.

Frey R. W., Pemberton S. G. (1984) Trace fossils facies models. *Facies Models. Geoscience Canada Reprint Series*. P. 189–207.

Pemberton S. G., Frey R. W. and Bromley, R. G. (1988) The ichnotaxonomy of *Conostichus* and other plug-shaped ichnofossils. *Canadian Journal of Earth Sciences*. 25, 886–892. <https://doi.org/10.1139/e88–085>

Servais T. and Harper D. A. T. (2018) The Great Ordovician Biodiversification Event (GOBE): definition, concept and duration. *Lethaia*. 51, 151–164.

Сведения об авторах:

Якупов Рустем Раулевич, канд. геол.-мин. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа, ORCID 0000-0001-7135-1746, jakupov@ufaras.ru

About the authors:

Yakupov Rustem Raulevich, Candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa, jakupov@ufaras.ru

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 31.05.2024; одобрена после рецензирования 31.05.2024; принята к публикации 22.07.2024

The article was submitted 31.05.2024; approved after reviewing 31.05.2024; accepted for publication 22.07.2024

Научная статья

УДК 551.734.5:551.735.1

DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-2

КОНОДОНТЫ ФАМЕНСКОГО ЯРУСА ВЕРХНЕГО ДЕВОНА — ТУРНЕЙСКОГО ЯРУСА НИЖНЕГО КАРБОНА СВИТЫ ГОРЫ МАГНИТНОЙ

Т. М. Мавринская, А. Р. Шарипова, **В. Н. Пазухин**

Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа, lar862010@mail.ru

В статье рассмотрена конодонтовая характеристика одной из рудовмещающих вулканогенно-осадочных свит Магнитогорской площади Восточно-Магнитогорской зоны – свиты горы Магнитной. Свита горы Магнитной, как и шумилинская свита была выделена при геологическом картировании в конце 1980-х годов. В свите установлены конодонтовые комплексы, которые хорошо сопоставляются с большей частью стандартных конодонтовых зон и горизонтов фаменского яруса верхнего девона и турнейского яруса нижнего карбона. В фаменском ярусе выделены конодонтовые комплексы, характерные для зон: *Pa. marginifera*, *Pa. postera*, *Pa. expansa*, *S. praesulcata*, соответствующие верхам макаровского, мурзакаевского, кушелгинского и лытвинского горизонтов; в турнейском ярусе выделены комплексы, характерные для зон: *S. sulcata*, *S. duplicata*, *S. belkai*, *S. quadruplicate*, *S. isosticha*, отвечающие малевскому, упинскому, косореченскому, кизеловскому горизонтам Западно-Уральского субрегиона стратиграфической схемы Урала. Впервые на данной территории проведено стратиграфическое расчленение по фауне конодонтов пограничных девонско-каменноугольных отложений и определение гумеровского горизонта.

Ключевые слова: Магнитогорская площадь, турнейский ярус, фаменский ярус, свита горы Магнитной, горизонты

Благодарности: Авторы выражают глубокую признательность Мосейчуку В. М., Кашиной Л. В. за любезно предоставленные геологические материалы по Магнитогорскому рудному полю, доктору геол.-мин. наук Артюшковой О. В., за важные критические замечания и ценные советы при написании статьи, а также рецензенту — доктору геол.-мин. наук Кулагиной Е. И. за конструктивные замечания и предложения, позволившие улучшить эту статью.

Работа выполнена в рамках темы госзадания «Основные события фанерозоя: палеонтология, стратиграфия, корреляция», № НИОКТР FMRS-2022–0010.

Original article

CONODONTS OF THE FAMENNIAN STAGE UPPERDEVONIAN — TOURNAISIAN STAGE LOWER CARBONIFEROUS GORA MAGNITNAYA FORMATION

T. M. Mavrinskaya, A. R. Sharipova, **V. N. Pazukhin**

Institute of Geology Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa, Russia, lar862010@mail.ru

The article considers the conodont characteristic of the one of ore-containing volcanogenic — sedimentary formation of the Magnitogorsk area of the East-Magnitogorsk Zone — the Gora Magnitnaya Formation.

Для цитирования: Мавринская Т. М., Шарипова А. Р., Пазухин В. Н. Конодонты фаменского яруса верхнего девона — турнейского яруса нижнего карбона свиты горы Магнитной // Геологический вестник. 2024. № 2. С. 13–20. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-2

For citation: Mavrinskaya T. M., Sharipova A. R., Pazukhin V. N. (2024) Conodonts of the Famennian stage UpperDevonian — Tournaisian stage Lower Carboniferous Gora Magnitnaya Formation. *Geologicheskii vestnik*. 2024. No. 2. P. 13–20. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-2

© Т. М. Мавринская, А. Р. Шарипова, В. Н. Пазухин, 2024

The Formation, was established during the geological mapping in the late 80s. Conodont complexes have been established in the formation, which are well compared with most of the standard conodont zones and horizons of the Famennian stage of the Upper Devonian and the Tournaisian stage of the Lower Carboniferous. Conodont zones have been identified in the Famennian stage: *Pa. marginifera*, *Pa. postera*, *Pa. expansa* *S. praesulcata* corresponding to the tops of the Makarovsky, Murzakaevsky, Kushelginsky and Lytvinsky Horizons; in the Tournaisian stage there are zones: *S. sulcata*, *S. duplicata*, *S. belkai*, *S. quadruplicate*, *S. isosticha*, corresponding to Malevsky, Upinsky, Kosorechensky, Kizelovsky Horizons the West Ural sub-region of the stratigraphic scheme of the Urals. For the first time in this area were carried out a stratigraphic dissection of the conodonts fauna of the boundary Devonian-Carboniferous deposits and the determination of the Humerian horizon.

Keywords: Magnitogorsk ore field, Tournaisian stage, Famennian stage, Gora Magnitnaya Formation, horizons

Acknowledgements The authors express their deep gratitude to Moseychuk V.M. and Kashina L.V. for kindly providing geological materials. Dr. Artyushkova O.V. for important critical comments and valuable advices during the writing of the article. To the reviewer, Dr. Kulagina E.I. for constructive comments and suggestions that made it possible to improve this article.

The study was carried out within the Framework of the State task “Main events of the Phanerozoic: paleontology, stratigraphy, correlation” №. NIOKTR FMRS — 2022–0010.

Введение

В конце 80-х годов прошлого века сотрудниками Лаборатории стратиграфии палеозоя Института геологии Башкирского научного центра УрО АН СССР совместно с геологами Магнитогорского отряда Челябинской партии под руководством В. М. Мосейчука было проведено изучение опорных разрезов и скважин рудовещающих девонских и нижнекаменноугольных вулканогенно-осадочных отложений на территории Магнитогорской площади (восточный склон Южного Урала) с целью стратиграфического расчленения. Магнитогорская площадь расположена в пределах Восточно-Магнитогорской зоны [Стратиграфические..., 1993]. Изучением фауны фаменско-нижнекаменноугольных отложений занимался Пазухин В. Н. Полученная им конодонтовая фауна богата и разнообразна. Она позволила получить достаточно детальную стратиграфическую последовательность и расчленить на горизонты. В фаменском ярусе по конодонтам установлены макаровский (верхняя часть), мурзакаевский, кушелгинский и лютвинский горизонты; в турнейском ярусе — гумеровский, малевский, упинский, косореченский, кизеловский и косьвинский горизонты Западно-Уральского субрегиона стратиграфической схемы Урала [Стратиграфические..., 1993].

Результаты исследований были изложены в отчете по биостратиграфии девонских и каменноугольных отложений Магнитогорского рудного поля по фауне конодонтов (Пазухин, Артюшкова, 1989ф) и в отчете о геологическом доизучении масштаба 1:25000 Магнитогорской площади (Мосейчук и др., 1990ф). Впоследствии материалы были ис-

пользованы при составлении Государственной геологической карты листа N-40-XXIV масштаба 1:200000 [Мосейчук и др., 2017].

Целью данной работы является характеристика комплексов конодонтов из отложений фаменского яруса верхнего девона и турнейского яруса нижнего карбона свиты горы Магнитной Магнитогорского рудного поля с иллюстрациями фактического материала — стратиграфически важных видов конодонтов.

Материал и местонахождения конодонтов

Район работ находится в Челябинской области на территории южной части Верхнеуральского и северной части Агаповского административных районов и г. Магнитогорска.

В структурном отношении изученная территория находится в пределах северо-восточной части Магнитогорской и западной части Учалинско-Александринской подзон Восточно-Магнитогорской зоны (рис. 1).

Фаменские и нижнекаменноугольные отложения развиты в западной части Магнитогорской площади. В процессе геологосъемочных работ в них выделены и детально изучены новые свиты: на северо-западе шумилинская — вулканогенного и вулканогенно-осадочного состава, на юго-западе — свита горы Магнитной, сложенная преимущественно известняками (Мосейчук и др., 1990ф). В этих свитах и собрана богатая, разнообразная коллекция конодонтов, которая насчитывает более 200 экземпляров. Коллекция хранится в Лаборатории стратиграфии палеозоя ИГ УФИЦ РАН под № 104.

Данные по конодонтовой характеристике шумилинской свиты были опубликованы ранее [Мавринская и др., 2023].

Биостратиграфия свиты горы магнитной

Свита горы Магнитной (D₃-C₁ gm) представлена мраморами и мраморизованными биокластовыми и органогенными известняками с прослоями обломочных известняков, известняковых конгломератов и брекчий с единичными прослоями туфоалевролитов и туффитов. Свита залегает на разных горизонтах шумилинской свиты с фациальным замещением ее верхних горизонтов. Перекрывается вулканитами березовской свиты, переслаивающимися с известняками. Наблюдается фациальное замещение вулканитами известняков верхов свиты. Мощность 120–320 м [Мосейчук и др., 2017].

Стратотип свиты выбран в Главном карьере железорудного месторождения на западном склоне горы Магнитной. Вскрыт в скальных выходах, уступах и в скважинах. Мощность свиты в стратотипе 120 м.

В работе в качестве стратиграфической основы использована схема Западно-Уральского субрегиона, как наиболее обоснованная фауной конодонтов [Стратиграфические..., 1993]. Для биостратиграфического сопоставления использована стандартная конодонтовая шкала [Ziegler, Sandberg, 1990].

**Девонская система. Верхний отдел
Фаменский ярус**

Самые ранние отложения свиты горы Магнитной отмечаются в основании обн. 7099 в восточной части карьера (рис. 2). Они представлены темно-серыми мраморизованными гастроподовыми, детритовыми известняками. Из образца, отобранного в низах обнажения выделены единичные конодонты вида *Palmatolepis klapperi* Sandberg et Ziegler, диапазон распространения которых соответствует конодонтовым зонам Upper sperida (нижний фамен) — Lower marginifera (верхи среднего фамена, макаровский горизонт).

В южной части карьера пробурена скв. 104, которая вскрыла мраморизованные известняки и мраморы, залегающие на вулканитах (см. рис. 2). Контакт мраморов с вулканитами проходит на глубине 104.8 м. В 2.2 м выше контакта в интервале 100.1–102.6 м из мраморизованных известняков получен конодонтовый комплекс, содержащий

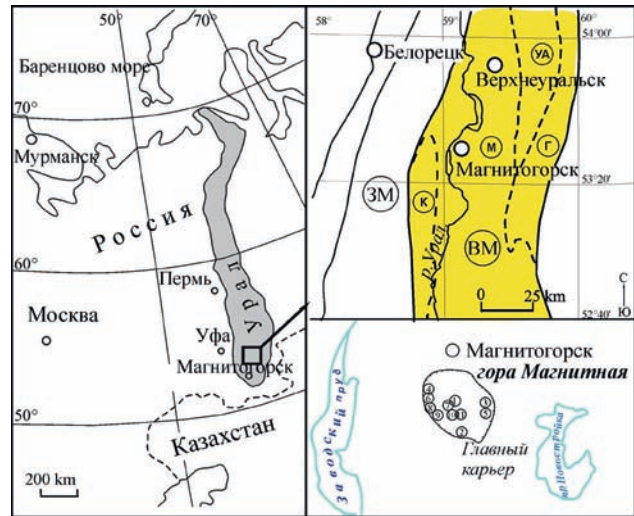


Рис. 1. Район исследования

Условные обозначения: ЗМ – Западно-Магнитогорская зона, ВМ – Восточно-Магнитогорская зона. Структурно-формационные подзоны: Г – Гумбейская, УА – Учалино-Александринская, М – Магнитогорская, К – Кизильская. Цифрами в кружках отмечены скважины и обнажения: 1 – скв. 2009, 2 – скв. 104, 3 – обн. 7463, 4 – обн. 1231, 5 – обн. 7099, 6 – обн. 7084, 7 – обн. 4264, 8 – обн. 7081, 9 – обн. 7080, 10 – обн. 1258, 11 – обн. 1241.

Fig. 1. Location of the study area

Legend: ЗМ – West Magnitogorsk zone, ВМ – East Magnitogorsk zone (structural and formation subzones: Г – Gumbeyevskaya, УА – Uchalino-Alexandrinskaya, М – Magnitogorsk, К – Kizilskaya). Circles with numbers show the studied Borehole and outcrop: 1 – Boreholes 2009, 2 – Borehole. 104, 3 – out. 7463, 4 – out. 1231, 5 – out. 7099, 6 – out. 7084, 7 – out. 4264, 8 – out. 7081, 9 – out. 7080, 10 – out. 1258, 11 – out. 1241.

виды *Palmatolepis glabra lepta* Ziegler et Huddle, *Pa. glabra pectinata* Ziegler, *Pa. glabra acuta* Helms, *Pa. distorta* Branson et Mehl, *Pa. marginifera marginifera* Helms, *Pa. perlobata sigmoidea* Ziegler, *Pa. cf. rugosa* Branson et Mehl, *Pa. perlobata schindewolfi* Muller, *Pa. schleizia* Helms, *Polygnathus* aff. *granulosus* Branson et Mehl, *Pol. planirostratus* Dreesen et Baisar, *Polygnathus* sp. По совокупности видов стратиграфическая принадлежность данного комплекса определяется конодонтовой подзоной Upper marginifera, соответствующей нижней части мурзакаевского горизонта верхнего фамена. Выше в интервале 79.1–82.0 встречены конодонты *Po. semicostatus* Branson et Mehl, *Pol. sp.*, *Po. aff. planirostratus* Dreesen et Duser, *Branmehla* cf. *inornata* (Branson et Mehl), *Po. cf. granulosus* Branson et Mehl, *Po. cf. subirregularis* Sandberg et Ziegler. Комплекс распространен в зоне *Pa. trachytera*, соответствующей верхней части мурзакаевского горизонта.

В восточном борту Главного карьера в уступах его средней части обнажаются светло-серые, серые

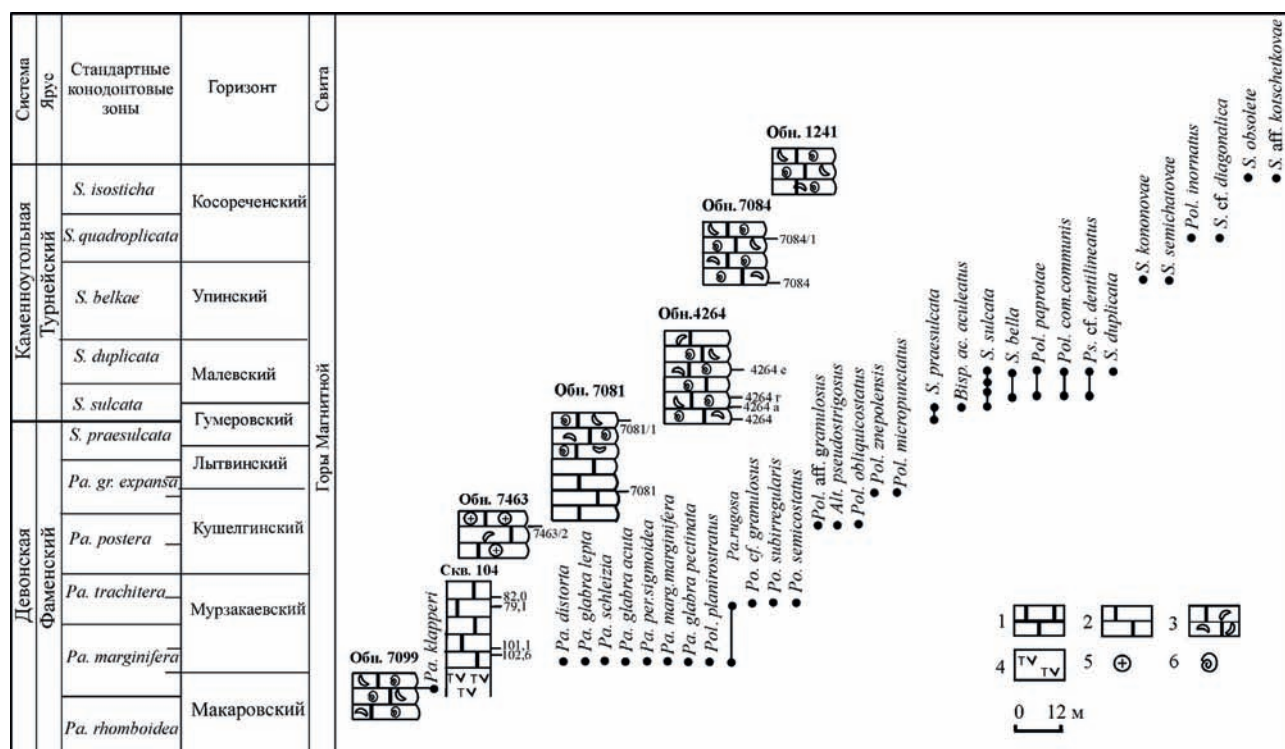


Рис. 2. Распространение конодонтов в фаменских и турнейских отложениях свиты горы Магнитной, по материалам В. Н. Пазухина и О. В. Артюшковой (1989ф), В. М. Мосейчука с соавторами (1990ф)

Условные обозначения: 1 — мрамор; 2 — мраморизованные известняки; 3 — известняки биокластовые; 4 — трахиандезиты; 5 — криноиды; 6 — гастроподы. Сокращения: *Alt.* — *Alternognathus*, *Bisp.* — *Bispathodus*, *Gn.* — *Gnathodus*, *Pa.* — *Palmatolepis*, *Pol.* — *Polygnathus*, *Ps.* — *Pseudopolygnathus*, *S.* — *Siphonodella*.

Fig. 2. Distribution of conodonts in the section of Borehole and outcrop Gora Magnitnaya Formation (Pazukhin, Artyushkova, 1989ф; V. M. Moseichuk, et al., 1990ф)

Legend: 1 – marble; 2 – marbled limestones; 3 – bioclastic limestones; 4 – trachyandesites; 5 – crinoids; 6 – gastropods. Abbreviations: *Alt.* – *Alternognathus*, *Bisp.* – *Bispathodus*, *Gn.* – *Gnathodus*, *Pa.* – *Palmatolepis*, *Pol.* – *Polygnathus*, *Ps.* – *Pseudopolygnathus*, *S.* – *Siphonodella*.

и темно-серые биокластовые и криноидные известняки в разной степени мраморизованные. В криноидных известняках из обн. 7463 в обр. 7463/2 определены разновозрастные конодонты. Комплекс, представленный видами *Palmatolepis klapperi* Sandberg et Ziegler, *Pa. rhomboidea* Ziegler, *Pa. cf. marginifera* Helms, *Pa. cf. superlobata* Branson et Mehl, определяет подзону Lower marginifera, сопоставляемую с верхами макаровского горизонта. Комплекс видов *Polygnathus* aff. *granulosus* Branson et Mehl, *Pol. aff. znepolensis* Spasov, *Alternognathus pseudostrigosus* Dreesen et Dusar, в совокупности характеризует зону *Pa. postera*, соответствующую нижней части кушелгинского горизонта. По мнению В. Н. Пазухина, комплекс конодонтов, характеризующий макаровский горизонт, является переотложенным.

В обн. 7081, расположенном в западном борту карьера в первом уступе и в скв. 2009, пробуренной в основании карьера вскрыты отложения,

представленные белыми и голубовато-серыми мраморами. В средней части обн. 7081 обнаружены *Pseudopolygnathus* aff. *micropunctatus* Bischoff et Ziegler, *Polygnathus znepolensis* Spasov. В скв. 2009 из образца с глубины 2.6–3.2 м выделены *Polygnathus obliquicostatus* Ziegler, *Pseudopolygnathus* aff. *micropunctatus* Bischoff et Ziegler. По совместному присутствию в комплексах данных видов стратиграфическое положение вмещающих их отложений определяется в объеме конодонтовых зон *Pa. postera* — Lower *expansa*, соответствующего кушелгинскому горизонту верхнего фамена.

Каменноугольная система. Нижний отдел Турнейский ярус

Разрез турнейских отложений нижнего карбона вскрыт в западном борту карьера на четырех уступах. Разрез представляет собой отдельные об-

нажения (обн. №№ 7081 верхняя часть, 7084, 4264, 7080), сложенные гастроподово-биокластическими мраморизованными известняками (см. рис. 2).

В основании разреза вскрыты пограничные отложения фамена — турне. В верхней части обн. 7081 и в основании обн. 4264 (обр. 4264), расположенных на первом уступе встречены единичные конодонты *Siphonodella praesulcata* Sandberg. Вид распространен в зонах *S. praesulcata* — *S. sulcata* (Пазухин и др., 2009ф). Поскольку в комплексе не встречены турнейские виды, которые появляются в вышележащих слоях обнажения, стратиграфический интервал данных слоев можно ограничить зоной *S. praesulcata* соответствующей верхам литвинского горизонта. Выше в образцах — 4264а, обнаружены конодонты *Siphonodella praesulcata* Sandberg, *S. sulcata* Huddle, *Bispathodus aculeatus aculeatus* (Branson et Mehl), характерные для зоны *S. sulcata* гумеровского — нижней части малевского горизонта нижнего турне (Пазухин и др., 2009ф).

В образцах, отобранных в 4.0 м (обр. 4264 г) и 9.0 м (обр. 4264 е) выше основания обнажения 4264, встречены конодонты: *Siphonodella sulcata* Huddle, *S. bella* Kononova et Migdisova, *Polygnathus communis communis* Branson et Mehl, *Pol. paprotae* Bouquet et Gros, *Pseudopolygnathus cf. dentilineatus* Branson, *Bispathodus aculeatus aculeatus* (Branson et Mehl) характеризующие зоны *S. sulcata* *S. duplicata* соответствующие малевскому горизонту нижнего турне.

Конодонты *Siphonodella kononovae* Pazukhin, *S. semichatovae* Kononova et Lipnjagov, совместно характеризующие зону *S. belkae*, определяющую упинский горизонт нижнего турне обнаружены в основании обн. 7084. Близ верхней границы обн. 7084 расположенном на 4 уступе, обнаружены конодонты *Polygnathus inornatus* (Branson), *Siphonodella cf. diagonalica* Pazukhin. Присутствие в комплексах вида *Siphonodella cf. diagonalica* определяет стратиграфический интервал в объеме зон *S. quadruplicate* — нижняя *S. isosticha*, составляющих нижнюю часть косореченского горизонта верхнего турне.

В обнажениях 1241 (обр. 1241–21) и 1258 (обр. 1258), расположенных на юго-западной стенке карьера, выделены конодонты *Siphonodella obsoleta* Nass, *S. aff. kotschetkovae* Pazukhin, характерные для зоны *S. isosticha*, соответствующей верхней части косореченского — нижней кизеловского горизонта (Пазухин, 2010ф).

Заключение

Впервые представлен материал по характеристике конодонтовых комплексов, выявленных в отложениях верхнего фамена — нижнего турне рудовмещающей свиты горы Магнитной. Выделенная конодонтовая фауна космополитная. Это позволило сделать детальное расчленение разреза и выполнить корреляцию со стандартной конодонтовой шкалой (см. рис. 4). В свите установлены комплексы, которые можно сопоставить со стандартными конодонтовыми зонами и горизонтами фаменского яруса верхнего девона и турнейского яруса нижнего карбона. В фаменском ярусе выделены комплексы, характерные для конодонтовых зон: *Pa. marginifera*, *Pa. postera*, *Pa. expansa*, *S. praesulcata* соответствующие верхам макаровского, мурзакаевского, кушелгинского и литвинскому горизонтам. В турнейском ярусе — сопоставимые с зонами: *S. sulcata*, *S. duplicata*, *S. belkai*, *S. quadruplicate*, *S. isosticha*, отвечающие малевскому, упинскому, косореченскому, кизеловскому горизонтам Западно-Уральского субрегиона стратиграфической схемы Урала.

Список литературы

- Артюшкова О. В., Маслов В. А., Пазухин В. Н., Кулагина Е. И., Тагариева Р. Ч., Мизенс Л. И., Мизенс А. Г. Типовые разрезы девона и нижнего карбона на западном склоне Южного Урала. Путеводитель полевой экскурсии Международной конференции «Биостратиграфия, палеогеография и события в девоне и раннем карбоне» (SDS / IGCP 596 объединенная полевая сессия). Уфа: ООО «Виртуал», 2011. 92 с.
- Мавринская Т. М., Шарипова А. Р., Пазухин В. Н. Конодонты фаменского яруса верхнего девона – турнейского яруса нижнего карбона Магнитогорского рудного поля // Геологический вестник. 2023. № 3. С. 87–97. DOI: 10.31084/2619–0087/2023-3-8
- Мосейчук В. М., Яркова А. В., Михайлов И. Г., Кашина Л. В., Сурин Т. Н., Плохих Н. А., Цин Д. Ф. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Серия Южно-Уральская. Лист N-40-XXIV. Объяснительная записка. М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2017. 127 с.
- Стратиграфические схемы Урала (Докембрий, палеозой). Межведомственный Стратиграфический Комитет России. Екатеринбург, 1993. 151 схема. 152 с.
- Ziegler W., Sandberg C. A. The late Devonian standard conodont zonation. Courier Forschungsinstitut Senckenberg. 1990. 121. P. 1–115.

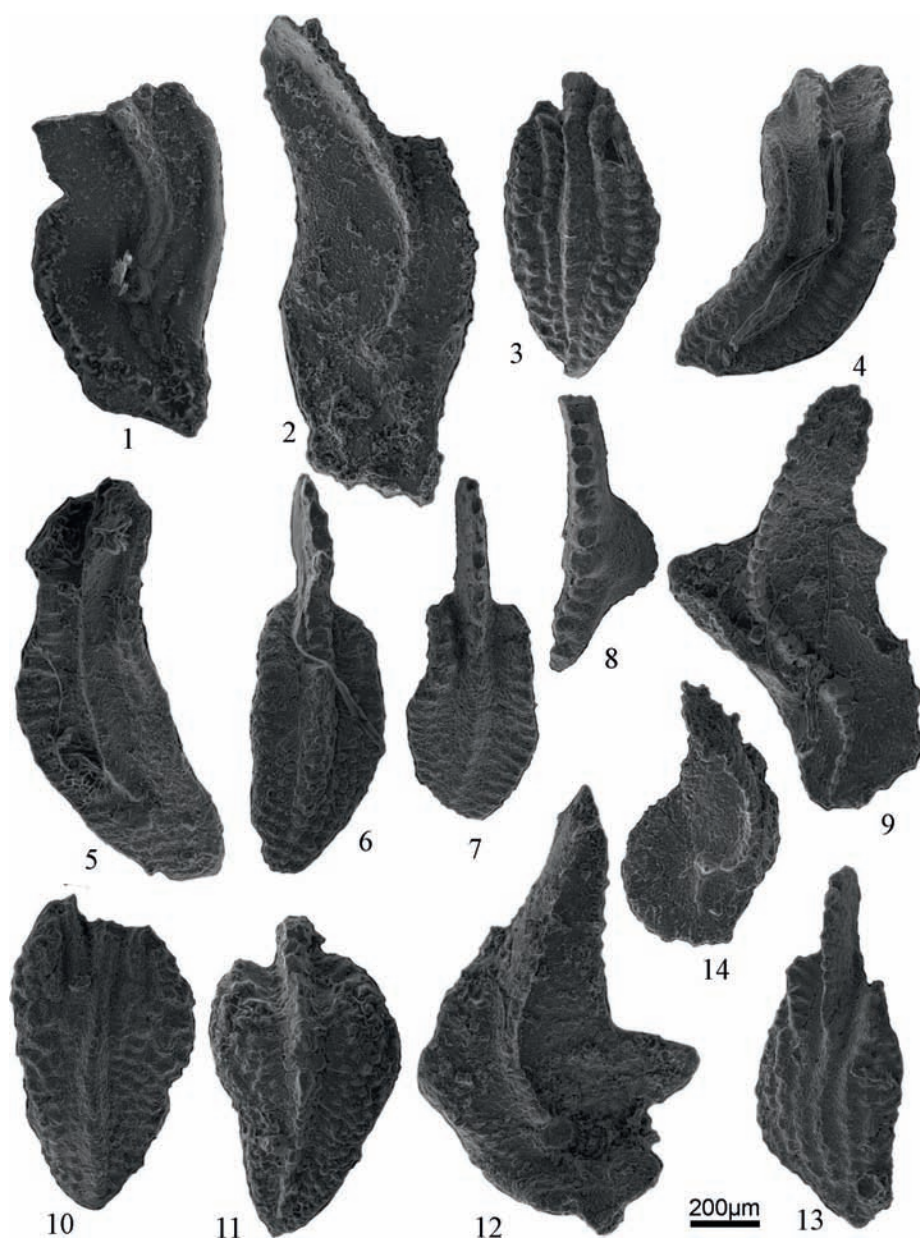


Рис. 3. Конодонты из отложений фаменского яруса верхнего девона свиты горы Магнитной

Условные обозначения: 1, 2 – *Palmatolepis klapperi* Sandberg et Ziegler, 1 – обр. 7099, зоны Upper crepida – Lower marginifera, верхняя часть макаровского горизонта; 2 – обр. 7463–2 (переотложенный); 3 – *Polygnathus nodocostatus* Branson et Mehl, обр. 7463–1, зоны Pa. crepida – Pa. marginifera, макаровский горизонт. 4–8, 10, 11, 13 – конодонты из скв.104 (инт. 79.1–82.0), зоны Pa. trachytera верхняя часть макаровского – нижняя часть мурзакаевского горизонтов; 4, 5 – *Po. semicostatus* Branson et Mehl; 6 – *Pol. sp.*; 7 – *Po. aff. planirostratus* Dreesen et Dusar; 8 – *Branmehla cf. inornata* (Branson et Mehl); 10, 11 – *Po. cf. granulosus* Branson et Mehl; 13 – *Po. cf. subirregularis* Sandberg et Ziegler. 9, 12, 14 – конодонты из скв. 104 (инт. 100.1–102.6), конодонтовая подзона Upper marginifera, нижняя часть мурзакаевского горизонта верхнего фамена. 9 – *Pa. aff. rugosa* Ziegler; 12 – *Pa. perlobata schindewolfi* Muller; 14 – *Pa. stoppeli* Sandberg et Ziegler.

Fig. 3. Conodonts from deposits Famennian Stage of the Upper Devonian Gora Magnitnaya Formation

Legend: 1, 2 – *Palmatolepis klapperi* Sandberg et Ziegler, 1 – sample 7099, Upper crepida – Lower marginifera zone, upper part of the Makarovsky Horizon; 2 – sample 7463–2 (rescheduled); 3 – *Polygnathus nodocostatus* Branson et Mehl, sample 7463–1, Pa. crepida – Pa. marginifera zone, Makarovsky Horizon. 4–8, 10, 11, 13 – conodonts from Borehol 104 (int. 79.1–82.0), zone Pa. rhomboidea – Pa. trachytera, upper part of the Makarovsky-lower part of the Murzakaevsky Horizon: 4, 5 – *Po. semicostatus* Branson et Mehl; 6 – *Pol. sp.*; 7 – *Po. aff. planirostratus* Dreesen et Dusar; 8 – *Branmehla cf. inornata* (Branson et Mehl); 10, 11 – *Po. cf. granulosus* Branson et Mehl, 13 – *Po. cf. subirregularis* Sandberg et Ziegler. 9, 12, 14 – conodonts from Borehol 104 (int. 100.1–102.6), Upper marginifera conodont subzone, lower part of the Murzakaevsky Horizon of the Upper Famennian: 9 – *Pa. aff. rugosa* Ziegler; 12 – *Pa. perlobata schindewolfi* Muller; 14 – *Pa. stoppeli* Sandberg et Ziegler.

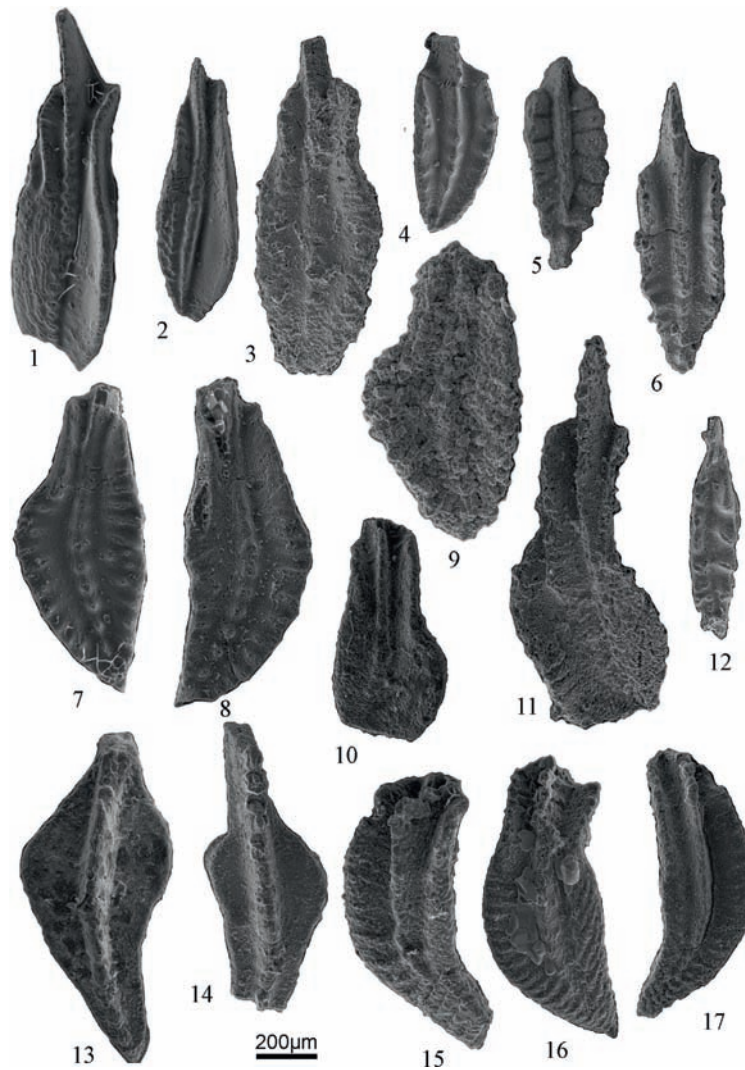


Рис. 4. Конодонты из отложений фаменского яруса верхнего девона и турнейского яруса нижнего карбона свиты горы Магнитной

Условные обозначения: 1–2 – *Siphonodella* cf. *kotshetkova*e Pazukhin, 1 – обр. 1231–10, 2 – обр. 1258, зона *S. isosticha*, косореченский – нижняя часть кизеловского горизонта верхнего турне; 3, 4 – *S. praesulcata* Sandberg, 3 – обр. 4264–1; 4 – обр. 4264–г, зоны *S. sulcata* – *S. duplicata*, малевский горизонт нижнего турне; 5, 6 – *Polygnathus* aff. *inornatus*, обр. 4264–8, зоны *S. presulcata* – *S. duplicata*, верхи лытвинского – малевский горизонты; 7–8 – *S. sulcata* Huddle, обр. 4264–в, зона *sulcata*, гумеровский – нижняя часть малевского горизонта нижнего турне; 9 – *S. aff. duplicata* (Branson et Mehl), обр. 4264–е, зоны *S. sulcata* – *S. duplicata*, малевский горизонт нижнего турне; 10 – *S. aff. semichatova* Pazukhin, обр. 7080–3, зона *S. duplicata* – *S. belkae*, малевский – упинский горизонты; 11 – *S. cf. diagonalica* Pazukhin, обр. 7080–б, зона *S. isosticha*, косореченский – низы кизеловского горизонта верхнего турне; 12 – *Bispathodus* cf. *aculeatus aculeatus* Branson et Mehl, обр. 4264–г, зона *S. sulcata* – *S. duplicata*, малевский; 13, 14 – *Pseudopolygnathus micropunctatus* Bischoff et Ziegler, 13 – обр. 7081, 14 – скв. 2009, обр. 1, зоны *Pa. postera* – *Lower expansa*, кушелгинский горизонт, фаменский ярус; 15–17 – *Polygnathus obliquicostatus* Ziegler, зона *Pa. postera*, нижняя и средняя часть кушелгинского горизонта, скв. 2009, обр. 1.

Fig. 4. Conodonts from deposits of the Famennian Stage of the Upper Devonian — Tournaisian Stage of the Lower Carboniferous Gora Magnitnaya Formation

Legend: 1–2 – *Siphonodella* cf. *kotshetkova*e Pazukhin, 1 – sample 1231–10, 2 – sample 1258, *S. isosticha* zone, Kosorechensky – lower part of the Kizelovsky Horizon of the upper Tournaisian; 3, 4 – *S. praesulcata* Sandberg, 3 – sample 4264–1, 4 – sample 4264–g, *S. sulcata* – *S. duplicata* zone, Malevsky Horizon of the lower Tournaisian; 5, 6 – *Polygnathus* aff. *inornatus*, обр. 4264–8, *S. presulcata* *S. duplicata* zone, upper parts of the Lytvinsky, – Malevsky Horizons; 7–8 – *S. sulcata* Huddle, обр. 4264–v, *sulcata* zone, Gumerovsky – lower part of the Malevsky Horizon of the lower Tournaisian; 9 – *S. aff. duplicata* Huddle, 4 – обр. 4264–1 *S. sulcata* *S. duplicata* zone, Malevsky Horizon of the lower Tournaisian; 10 – *S. aff. semichatova* Pazukhin, sample 7080–3, *S. duplicata* – *S. belkae* zone, Malevsky – Upinsky Horizons; 11 – *S. cf. diagonalica* Pazukhin, sample 7080–b, Kosorechensky – lower part of the Kizelovsky Horizon of the upper Tournaisian; 12 – *Bispathodus* cf. *aculeatus aculeatus* Branson et Mehl, sample 4264–g, *S. sulcata* – *S. duplicata* zone, Malevsky (lower part of the Kalapovsky Horizon); 13, 14 – *Pseudopolygnathus micropunctatus*, Bischoff et Ziegler, 13 – sample 7081, 14 – Borehole 2009, sample 1, *Kushelginsky* Horizon, Famennian; 15–17 – *Polygnathus obliquicostatus* Ziegler, Borehole 2009, sample 1, lower and middle part *Kushelginsky* Horizon, Famennian.

References

Artyushkova O. V., Maslov V. A., Pazukhin V. N., Kulagina E. I., Tagarieva R. C., Mizens L. I., Mizens A. G. (2011) *Tipovye razrezy devona i nizhnego karbona na zapadnom sklone Yuzhnogo Urala* [Devonian and Lower Carboniferous type sections of the western South Urals. Pre-Conference Field Excursion Guidebook. International Conference]. Ufa: Institute of Geology of the Russian Academy of Sciences. ООО "Virtual". 92 p. (In Russian).

Mavrinskaya T. M., Sharipova A. R., Pazukhin V. N. (2023) Konodonty famenskogo yarusa verkhnego devona – turneiskogo yarusa nizhnego karbona Magnitogorskogo rudnogo polya [Conodonts of the Famennian stage of the Upper Devonian — Tournaisian stage of the Lower Carboniferous of

the Magnitogorsk ore field] *Geologicheskii vestnik*. 3, 87–97. DOI: 10.31084/2619–0087/2023-3-8

Moseychuk V. M., Yarkova A. V., Mikhaylov I. G., Kashina L. V., Surin T. N., Plokhikh N. A., Tsin D. F. (2017) *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:200 000. Seriya Yuzhno-Ural'skaya* [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:200 000. South Urals Series]. List N-40-XXIV. Ob'yasnitel'naya zapiska. M.: Moskovskiy filial FGBU «VSEGEI». 127 p. (In Russian).

Stratigraficheskie skhemy Urala (Dokembrii, paleozoi) (1993) [Stratigraphic schemes of the Urals (Precambrian, Paleozoic)]. Mezhdomstvennyi Stratigraficheskii Komitet Rossii. Ekaterinburg. 151 skhema. 152 p. (In Russian).

Ziegler W., Sandberg C. A. (1990) The late Devonian standard conodont zonation. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*. 121, 1–115.

Сведения об авторах:

Мавринская Татьяна Михайловна, научный сотрудник, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа, mavrinskaya55@mail.ru

Шарипова Алия Расулевна, младший научный сотрудник, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа, lar862010@mail.ru

About the authors:

Mavrinskaya Tatiana Mikhailovna, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa, Russia, mavrinskaya55@mail.ru

Sharipova Aliya Rasulevna, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa, Russia. lar862010@mail.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 03.06.2024; одобрена после рецензирования 03.06.2024; принята к публикации 22.07.2024

The article was submitted 03.06.2024; approved after reviewing 03.06.2024; accepted for publication 22.07.2024

Научная статья

УДК [551.791 + 56 (11) + 564.1/.3] (470.46)

DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-3

МОЛЛЮСКИ ИЗ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХНЕГО ХАЗАРА МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ВЕТЛЯНКА (НИЖНЯЯ ВОЛГА, РОССИЯ) И РЕКОНСТРУКЦИИ ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Г. А. Данукалова¹, Е. М. Осипова¹, А. С. Застрожных²

*1 — Институт геологии — обособленное структурное подразделение
Федерального государственного бюджетного научного учреждения*

*Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа.
danukalova@ufaras.ru (ORCID 0000-0001-7602-5923), myrte@mail.ru (ORCID 0000-0003-3414-7409).*

2 — Федеральное государственное бюджетное учреждение

*Всероссийский геологический институт им. А. П. Карпинского (Институт Карпинского),
г. Санкт-Петербург, andrey_zastrozhnov@vsegei.ru*

Охарактеризованы комплексы моллюсков из отложений среднего и верхнего неоплейстоцена местонахождения Ветлянка (Нижнее Поволжье). На основе литологических особенностей осадков и комплексов моллюсков по разрезу прослежено изменение палеоэкологических условий от аллювиальных (ранний хазар, сингиль), озёрно-лагунных (поздний хазар) к морским (ранняя хвалынь).

Ключевые слова: Нижняя Волга, неоплейстоцен, хазарский горизонт, моллюски

Благодарности: Авторы благодарят А. Н. Симакову (ГИН РАН) и Д. А. Застрожную (Институт Карпинского), жителей села Ветлянка Василия Плеханова и Валерия Игнатенко за помощь во время полевых работ. Работа выполнена в рамках государственной бюджетной темы № FMRS-2022–0010 и государственных контрактов с Роснедра (№ АМ-02-34/29 от 13.06.2007 г., № АМ-02-34/28 от 16.05.2011 г., № АМ-02-34/12 от 20.02.2014 г., № К.41.2012.007 от 28.03.2012 г.).

Original article

MOLLUSCS FROM THE UPPER KHAZAR DEPOSITS AT THE VETLYANKA LOCALITY (LOWER VOLGA AREA, RUSSIA) AND RECONSTRUCTIONS OF THE PALAEOENVIRONMENT

G. A. Danukalova¹, E. M. Osipova¹, A. S. Zastrozhnov²

1 — Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. danukalova@ufaras.ru (ORCID 0000-0001-7602-5923), myrte@mail.ru (ORCID 0000-0003-3414-7409)

2 — A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, Saint Petersburg, andrey_zastrozhnov@vsegei.ru

The malacological characteristic of the Middle and Upper Neopleistocene deposits of the Vetlyanka locality (Lower Volga Region) is given in the paper. On the base of lithological and textural features of the sediments, as well as mollusc complexes the palaeoenvironment changed from fluvial (Early Khazar, Singil beds), lacustrine-lagoon (Late Khazar), to marine (Early Khvalyn) conditions.

Для цитирования: Данукалова Г. А., Осипова Е. М., Застрожных А. С. Моллюски из отложений верхнего хазара местонахождения Ветлянка (Нижняя Волга, Россия) и реконструкции палеоэкологических условий // Геологический вестник. 2024. № 2. С. 21–38. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-3

For citation: Danukalova G. A., Osipova E. M., Zastrozhnov A. S. (2024) Molluscs from the Upper Khazar deposits at the Vetlyanka locality (Lower Volga area, Russia) and reconstructions of the palaeoenvironment. *Geologicheskii vestnik*. 2024. No. 2. P. 21–38. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-3

© Г. А. Данукалова, Е. М. Осипова, А. С. Застрожных, 2024

Keywords: Lower Volga, Neopleistocene, Khazar Horizon, molluscs

Acknowledgements: The authors thank A. N. Simakova (GIN RAS) and D. A. Zastrozhnov (Karpinsky Institute), residents of Vetlyanka village Vasily Plekhanov and Valery Ignatenko for their help during field work. This work was fulfilled in the frame of the Russian State program № FMRS-2022–0010 and State contracts with Rosnedra (№ AM-02-34/29, 13.06.2007; № AM-02-34/28, 16.05.2011; № AM-02-34/12, 20.02.2014; № K.41.2012.007, 28.03.2012).

Введение

На территории Прикаспийской низменности в долине нижнего течения реки Волга от г. Волгоград до г. Астрахань в 2010–2020 гг. Институтом Карпинского проводились геолого-съёмочные и картосоставительские работы (листы L-38-XI, XII) (Застрожных и др., 2014ф), в ходе которых авторами был обследован ряд опорных обнажений и отобраны пробы для изучения четвертичных моллюсков.

Местонахождение Ветлянка находится на правом берегу р. Волга в окрестностях одноименного села (Астраханская область, Российская Федерация) (рис. 1, 2). Интерес к его изучению вызван тем, что здесь выходят на поверхность отложения среднего и верхнего плейстоцена различного генезиса с многочисленными остатками фауны моллюсков.

Несмотря на то, что разрез ранее изучался многими исследователями [Васильев, 1961; Москвитин, 1962; Свиточ, 1967; Попов, 1967, 1983; Седайкин, 1988; Янина, 2005], многообразие и изменчивость развитых здесь фаций и различная с течением времени обнажённость часто затрудняют их стратиграфическую интерпретацию и приводят к различным выводам.

Практически все перечисленные специалисты описывали часть разреза, хорошо вскрытую р. Волга в нижней по течению части села. Всеми авторами здесь указаны ниже- и верхнехазарские, хвалынские осадки. Ю. М. Васильев [1961], А. А. Свиточ [1967] глины на урезе воды относили к бакинскому горизонту нижнего плейстоцена; В. М. Седайкин [1988] в основании разреза, кроме того, выделял озёрные сингильские отложения. А. И. Москвитин [1962] отмечал характерные озёрные белёные мергелисто-иловатые пески и мергели. Г. И. Попов [1983] в толще между нижехазарскими и хвалынскими осадками обособлял две свиты каспийских осадков с руководящими хазарскими моллюсками — верхнехазарскую и гирканскую. Т. А. Яниной [2005; рис. 30] в сводном разрезе выделены три крупные толщи нижехазарская, верхнехазарская и хвалынская.



Рис. 1. Обзорный спутниковый снимок (Google Earth) территории исследований с положением местонахождения Ветлянка

Fig. 1. An overview satellite image (Google Earth) of the study area showing Vetlyanka locality position

В настоящей публикации впервые приводятся характеристики моллюсков и описания средне-верхнеплейстоценовых отложений в группе обнажений севернее с. Ветлянка. Основной целью исследований было выявление комплексов моллюсков в различных по генезису отложениях разреза и реконструкция природной среды во время накопления осадков.

Материал и методы

Основные материалы для исследований получены в 2010–2020 гг. в ходе геолого-съёмочных и картосоставительских работ, проведенных Институтом Карпинского на территории Нижней Волги. Описание разреза Ветлянка выполнено

**Таблица 1 Сводный состав видов моллюсков из отложений неоплейстоцена
местонахождения Ветлянка**
**Table 1 Summary of the molluscs species composition from the Neopleistocene deposits
of the Vetlyanka locality**

№	Таксоны	точка наблюдения	Ветлянка 1		Ветлянка 1		
			аQ _{III} hz ₂	l,lmQ _{III} hz ₂	m,lmQ _{III} hz ₂		
		генезис	Слой 1	Слой 5	Слой 7		
		образец	ИГ № 5046	ИГ № 5045	ИГ № 3549	ИГ № 5044	ИГ № 3548
		малакокомплекс	МК1	МК2		МК3	
1	Lymnaeidae		1 обл.				
2	<i>Anisus spirorbis</i> (Linné, 1758)		20				
3	<i>Gyraulus laevis</i> (Alder, 1838)		13				
4	<i>Planorbis planorbis</i> (Linné, 1758)		14				
5	<i>Valvata piscinalis</i> (Müller, 1774)		10				
6	<i>Borysthenia naticina</i> (Menke, 1845)		5				
7	<i>Viviparus viviparus</i> (Linnaeus, 1758)		107				
8	<i>Viviparus</i> sp.		4 обл.				
9	<i>Lithoglyphus naticoides</i> (Pfeiffer, 1828)		35				
10	<i>Ecrobia ventrosa</i> (Montagu, 1803)			320	500		
11	<i>Pyrgula</i> cf. <i>caspia</i> (Eichwald, 1838)		5				
12	<i>P. conus</i> (Eichwald, 1838)		25			178	
13	<i>P.</i> cf. <i>curta</i> (Naliwkin, 1914)		43				
14	<i>P.</i> cf. <i>dimidiata</i> (Eichwald, 1838)		1	1			
15	<i>P. derzhavini</i> (Logvinenko et Starobogatov, 1968)					6 обл.	
16	<i>P. spica</i> (Eichwald, 1838)		3				
17	<i>P. variabilis</i> (Eichwald, 1841)		1				
18	<i>Pyrgohydrobia</i> sp.		7 обл.				
19	Pyrgulidae		10 обл.		10 обл.		
20	<i>Theodoxus pallasii</i> (Lindholm, 1924)		3	589	5		
21	<i>Bithynia</i> cf. <i>troscheli</i> (Paasch, 1842)		2				
22	<i>Bithynia</i> sp. (operculum)		4				
23	<i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas, 1771)		14			48	
24	<i>D. rostriformis distincta</i> (Andrussov, 1903)		30			4	1
25	<i>D. caspia crassa</i> (Andrussov, 1897)		21				
26	<i>Dreissena</i> sp.		2				
27	<i>Corbicula fluminalis</i> (Müller, 1774)		1				1
28	<i>Corbicula</i> sp.					1	
29	<i>Pisidium amnicum</i> (Müller, 1774)		8	1		15	
30	<i>P. subtruncatum</i> (Malm, 1855)		2				
31	<i>P. sulcatum</i> (Prime, 1862)		1				
32	<i>Sphaerium rivicola</i> (Lamarck, 1818)		2				
33	<i>Unio</i> sp.		1		1		
34	<i>Didacna paleotrigonoides</i> (Fedorov, 1953)					1	
35	<i>D.</i> cf. <i>paleotrigonoides</i> (Fedorov, 1953) (обл.)		1			4	
36	<i>D. subpyramidata</i> (Pravoslavlev, 1939)		4			1	5
37	<i>D.</i> cf. <i>subpyramidata</i> (Pravoslavlev, 1939)					4	
38	<i>D. zhukovi</i> (Fedorov, 1953)		10				
39	<i>D.</i> cf. <i>egersini</i> (Fedorov, 1953)		12				
40	<i>Didacna</i> sp. (ювенильные, обломки)		25			10	
41	<i>Adacna polymorpha</i> (Logvinenko et Starobogatov, 1967)		4			4	
42	<i>A. (Hypanis) plicata</i> (Eichwald, 1829)		3				

№	Таксоны	точка наблюдения	Ветлянка 2	Ветлянка 1		Ветлянка 1	
43	<i>A. (Monodacna) caspia</i> (Eichwald, 1829)		31	1		1	
44	<i>A. (Adacna) vitrea</i> (Eichwald, 1831)		56	1			
45	Bivalvia детрит		обл.				
46	Cardiidae		обл.	3 обл.		обл.	
	Количество раковин		541	916	516	277	7
	Условия обитания		Река	Опреснённый лиман		Солоноватоводный бассейн (опреснённый)	

Примечание. обл. – обломок; $aQ_{III}hz_2$ – аллювиальные (русловые и пойменные) отложения, верхний подгоризонт хазарского горизонта, верхний неоплейстоцен; $l,lmQ_{III}hz_2$ – озёрно-лиманные отложения, верхний подгоризонт хазарского горизонта, верхний неоплейстоцен; $m,lmQ_{III}hz_2$ – морские и лиманные отложения верхнего подгоризонта хазарского горизонта, верхний неоплейстоцен. ИГ №5044 – регистрационный номер коллекции; МК – малакологический комплекс.

Notes. обл. – shell fragment; $aQ_{III}hz_2$ – fluvial (floodplaine) deposits of the upper subhorizon of the Khazar Horizon, Upper Neopleistocene; $l,lmQ_{III}hz_2$ – lacustrine-liman deposits of the upper subhorizon of the Khazar Horizon, Upper Neopleistocene; $m,lmQ_{III}hz_2$ – marine and liman (lagoon) deposits of the upper subhorizon of the Khazar Horizon, Upper Neopleistocene. ИГ №5044 – registration number of the mollusc' collection; МК – malacological complex.



Рис. 2. Вид на р. Волга и переправу в районе точки наблюдения Ветлянка 1. Белая стрелка указывает направление течения. Фото Г. А. Данукаловой

Fig. 2. A view on the Volga River and the crossing in the surroundings of Vetlyanka 1 observation point. The white arrow indicates the direction of the flow. Photo by G. Danukalova

А. С. Застрожныхым и Г. А. Данукаловой, при участии Д. А. Застрожного, А. Н. Симаковой. В разрезах изучены разнофациальные отложения хазарского и хвалынского горизонтов верхнего неоплейстоцена.

Из аллювиальных отложений хазарского горизонта (верхний подгоризонт) был отобран 1 образец на малакологические исследования, из лиманных и морских верхнехазарских отложений — 4 об-

разца (табл. 1). Сохранность раковин хорошая, они представлены, в основном, целыми хорошо определимыми экземплярами и детритом. Раковины из отложений выбирались вручную и промывкой породы через сито с диаметром ячеек 1 мм.

Общее количество обработанных остатков составляет 2257 экземпляров. Изученные раковины моллюсков принадлежат классам Двустворчатые



Рис. 3. Строение берегового обрыва в окрестностях с. Ветлянка. Видны серые сингильские глины над урезом воды. Белая стрелка указывает направление течения реки. Фото А. С. Застрожного (2010 г.)

Fig. 3. Composition of the riverside cliff in Vetlyanka village surroundings. Singil grey clay above water table could be observed. White arrow indicates water stream direction. Photo by A. S. Zastrozhnov (2010)

моллюски (*Bivalvia*) и Брюхоногие моллюски (*Gastropoda*). Видовые определения сделаны согласно определителям пресноводных и солоноватоводных моллюсков [Жадин, 1952; Логвиненко, Старобогатов, 1968; Дрейссена..., 1994; *Nederlandse...*, 1998; Glöer, 2002; Nevesskaja, 2007; Невеская и др., 2013; Богуцкая и др., 2013].

Коллекции раковин моллюсков №331 (образцы 5044–5045), №334 (образец 5046) и №422 (образцы 3548, 3549) хранятся в Институте геологии УФИЦ РАН (г. Уфа).

Фотографирование раковин моллюсков выполнено на стереоскопическом микроскопе Motic SMZ-171 TLED, камера Moticam 10+.

Строение разреза

В береговых обрывах на протяжении около 650 м нами описаны две точки наблюдения:

Ветлянка 1 (47°38' с.ш., 46°37' в.д.) и Ветлянка 2 (47°38' с.ш., 46°37' в.д.), в которых произведены сборы малакофауны.

Самые нижние по разрезу сингильские отложения (слой 1) были видны на урезе воды в 2010 г., в 2013 г. они были скрыты под осыпью или задернованы (рис. 3).

В точке наблюдения Ветлянка 2, расположенной под домами села, описаны и опробованы пески (слой 2), вскрытые в основании обрыва (рис. 4, 5); верхние слои подробно описаны в точке наблюдения Ветлянка 1, которая находится в месте переправы через реку. Здесь на берегу расположен карьер, в котором были описаны слои, слагающие среднюю и верхнюю части берегового обрыва; от уреза воды подножье обрыва задерновано (около 2 м), слои 1 и 2 точки наблюдения Ветлянка 2 скрыты осыпями (рис. 6).

Ниже приведено сводное описание отложений.



Рис. 4. Точка наблюдения Ветлянка 2. Строение берегового обрыва. Фото Г.А. Данукаловой

Fig. 4. Observation point Vetlyanka 2. Structure of the riverside cliff. Photo by G.A. Danukalova



Рис. 5. Точка наблюдения Ветлянка 2

Условные обозначения: А – Пески слоя 2 и А. Н. Симакова во время отбора пробы; Б – жители села Ветлянка – Василий Плеханов и Валерий Игнатенко, помогавшие во время опробования. Фото Г. А. Данукаловой.

Fig. 5. Observation point Vetlyanka 2

Legend: А – Sands of layer 2 and Simakova during sampling; Б – residents of the Vetlyanka village: Vasily Plekhanov and Valery Ignatenko, who helped during sampling. Photo by G. A. Danukalova

Хазарский горизонт, нижний подгоризонт,
сингильские отложения

Лиманные и аллювиально-морские
отложения — $l_{m,am}Q_{II}hz_1(sn)$

1. От уреза воды (август, межень) до высоты около 4 м из-под осыпей проглядывают глины голубоватые, прослоями тёмно-коричневатые, буроватые окисленные, горизонтально слоистые, плитчатые, с марганцовистыми примазками по трещинам. Видимая мощность до 4 м.

Хазарский горизонт, верхний подгоризонт
Аллювиальные (русловые) отложения — $a_rQ_{III}hz_2$

2. Пески светло-серые косослоистые с многочисленными раковинами пресноводных гастропод и двустворок (обр. 5046) (см. рис. 5). Залегают с размывом на нижележащем слое. Мощность 4.5 м.

Аллювиальные (пойменные) отложения — $apQ_{III}hz_2$

3. Пески серые мелко- и крупнозернистые тонко косослоистые. Слоистость подчёркнута тон-

кими прослоями песка слабо глинистого (рис. 8А). Видимая мощность до 1 м.

4. Пески светло-коричневые мелкозернистые, в кровле — тонкозернистые, слабоглинистые со слабо проявленной косой и косоволнистой слоистостью. Нижняя граница слоя резкая ровная (рис. 7, 8Б). Мощность 2.5 м.

5. Пески жёлто-бурые, ожелезнённые с частыми корочками и стяжениями оксидов железа (рис. 9А, 9Б), в нижней части косослоистые, в кровле — горизонтально-слоистые (рис. 9В). Мощность 2.5–3 м.

Озёрно-лиманные отложения — $l,lmQ_{III}hz_2$

6. Пески светло-серые белёдые (за счёт растворения раковин гастропод) тонкозернистые горизонтально-слоистые, переходящие в мергели светло-серые с многочисленными раковинами мелких гастропод (обр. 3549, 5045). Порода иногда сцементирована карбонатом за счёт растворения раковин моллюсков. Нижняя граница слоя волнообразная, неровная; пески залегают с размывом на слое 5 (рис. 10). Мощность 0.2 м.



Рис. 6. Точка наблюдения Ветлянка 1. Береговой обрыв р. Волга у съезда к переправе. Фото Г. А. Данукаловой

Fig. 6. Observation point Vetlyanka 1. Riverside cliff close to the crossing. Photo by G. A. Danukalova



Рис. 7. Точка наблюдения Ветлянка 1. Граница песков слоя 3 и слоя 4. Фото Г. А. Данукаловой. Длина линейки 5 см

Fig. 7. Observation point Vetlyanka 1. Boundary of sands of layer 3 and layer 4. Photo by G. A. Danukalova. Linear length is 5 cm

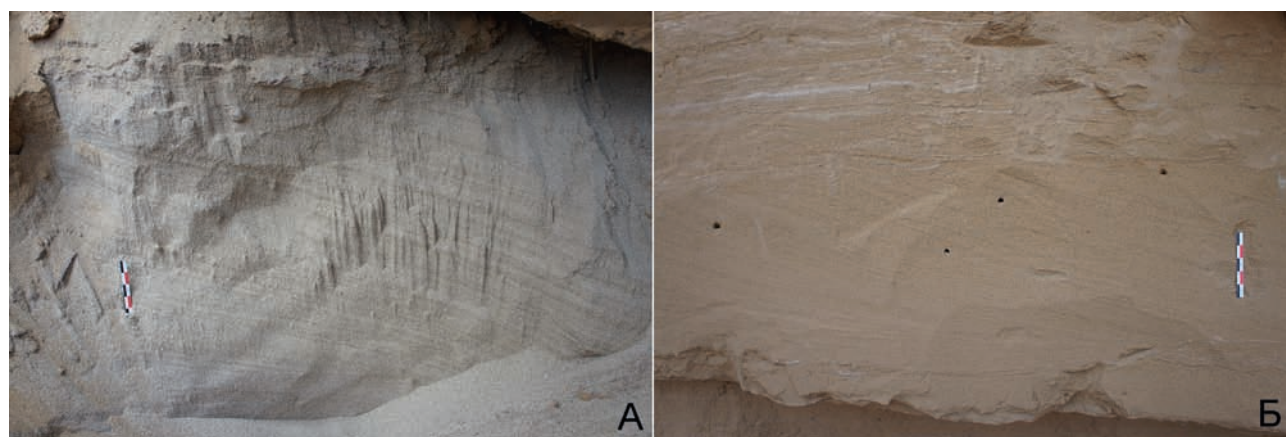


Рис. 8. Точка наблюдения Ветлянка 1. Пески слоёв 3 и 4 и детали их строения. Фото Г. А. Данукаловой

Fig. 8. Observation point Vetlyanka 1. Sands of layers 3 and 4 and details of their structure. Photos by G. A. Danukalova

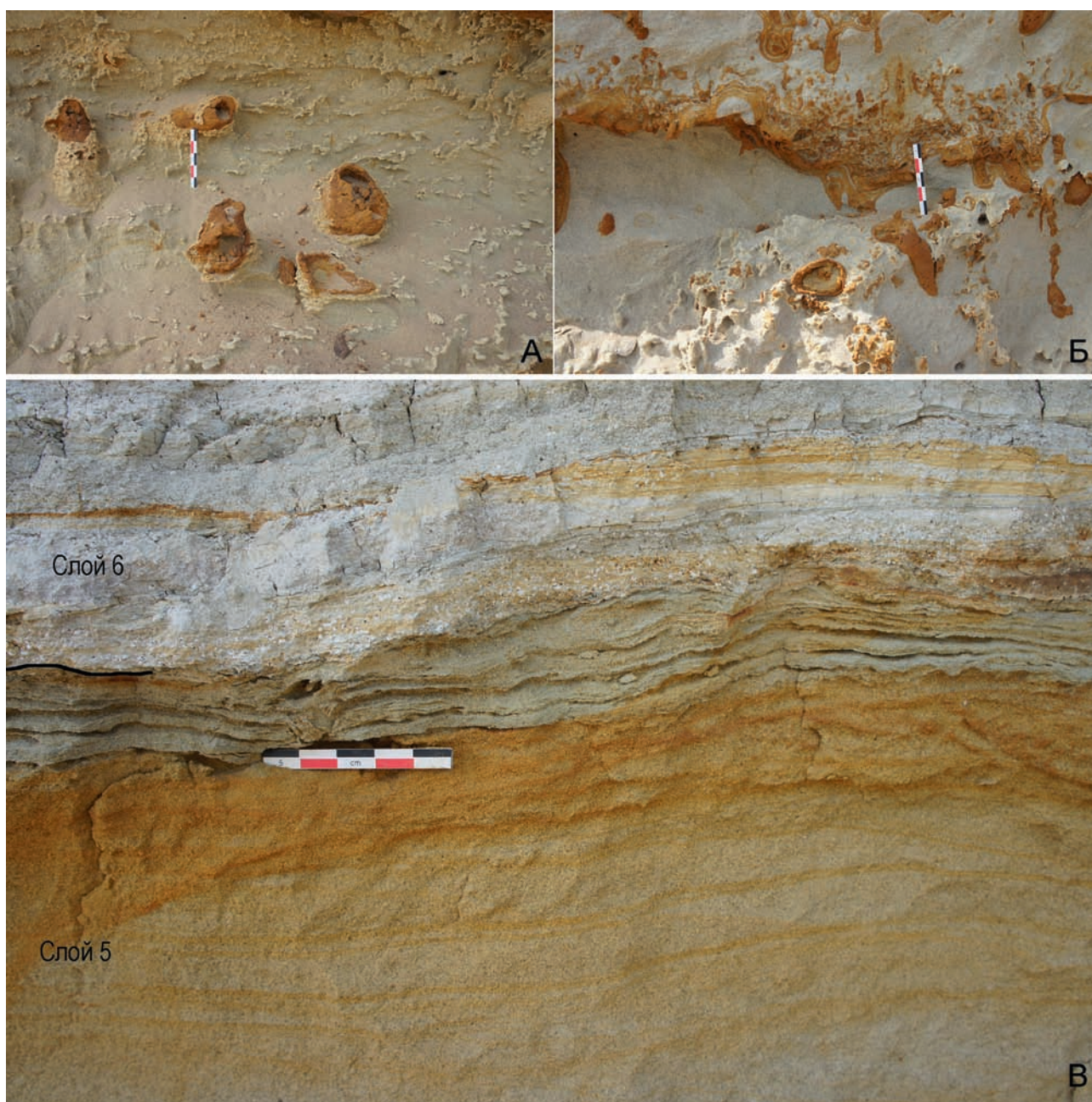


Рис. 9. Точка наблюдения Ветлянка 1. Пески слоя 5 и детали их строения (А — В). Фото Г.А. Данукаловой. Длина линейки 5 см

Fig. 9. Observation point Vetlyanka 1. Sand of layer 4 and details of its structure (A — B). Photos by G. A. Danukalova. Linear length is 5 cm

Морские и лиманные отложения — $m, lmQ_{III}hz_2$

7. Суглинки коричневые, в основании с линзами песков и раковинами дидакн плохой сохранности. Мощность 0.1 м.

8. Суглинки зеленовато-серые, в кровле с раковинами дидакн (обр. 3548, 5044) (рис. 11) и еди-

ничным зубом (M1) грызуна *Lagurus lagurus* (Pallas, 1773) (определение А. Г. Яковлева, ИГ УФИЦ РАН). Мощность 0.2–0.5 м.

9. Суглинки светло-коричневые, ожелезнённые по трещинам. Мощность 0.2 м.



Рис. 10. Точка наблюдения Ветлянка 1. Отложения слоя 6. Фото Г. А. Данукаловой

Fig. 10. Observation point Vetlyanka 1. Deposits of layer 6. Photo by G. A. Danukalova

Хвалынский горизонт
Лиманные отложения — $ImQ_{III}hv$

10. Суглинки светло-коричневые с желтоватым оттенком. Залегают с размывом на суглинках слоя 9. Мощность до 1.5 м.

11. Суглинки светло-коричневые (бурые) (рис. 12). Мощность 0.5–1.3 м.

Новокаспийский горизонт
Элювиальные (почва) отложения — $e_pQ_{II}nk$

12. Суглинки коричневато-серые со следами почвообразования, пронизанные корнями современных травянистых и полукустарничковых растений. Мощность до 0.2 м.

Сводное строение берегового обрыва показано на рисунках 13А и 13Б.

Результаты малакологических исследований в местонахождении Ветлянка

Раковины моллюсков найдены в слоях 1, 5 и 7 описанного выше разреза (табл. 1, рис. 13). По результатам изучения моллюсков, выделены 3 малакологических комплекса (МК).

МК 1 приурочен к косослоистым пескам слоя 2. Комплекс представлен 541 раковиной, принадлежащих 36 видам из 20 родов пресноводных и солоноватоводных моллюсков (табл. 1). Наличие большого числа раковин пресноводных моллюсков (*Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), *Corbicula fluminalis* (Müller, 1774), разнообразные виды рода *Pisidium*, *Sphaerium rivicola* (Lamarck, 1818) и *Unio* sp.) указывают на формирование осадков в долине реки, причем находки раковин Lymnaeidae, *Anisus spirorbis* (Linné, 1758), *Gyraulus laevis* (Alder, 1838), *Planorbis planorbis* (Linné, 1758), *Valvata piscinalis* (Müller, 1774), *Borysthenia naticina* (Menke, 1845), *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758), *Bithynia* cf.



Рис. 11. Точка наблюдения Ветлянка 1. Суглинки с раковинами дидакн слоя 7. Фото Г. А. Данукаловой

Fig. 11. Observation point Vetlyanka 1. Loam with *Didacna*-shells (layer 7). Photo by G. A. Danukalova

trochelii (Paasch, 1842) показывают на наличие прибрежных слабопроточных заводей. Присутствие в комплексе *Didacna paleotrigonoides* (Fedorov, 1953) и *D. subpyramidata* (Pravoslavlev, 1939) свидетельствует о размыве близрасположенных хазарских отложений и переотложении их в аллювии.

Раковины моллюсков МК 2 отобраны из светло-серого песка и мергеля слоя 6. Было определено 1432 раковины моллюсков 7 видов 6 родов (табл. 1). В целом комплекс представлен большим количеством раковин солоноватоводных гастропод (*Ecrobia ventrosa* (Montagu, 1803), Pyrgulidae, пресноводных *Theodoxus pallasii* (Lindholm, 1924)) и единичными раковинами пресноводных двустворок (2 вида). Условия обитания моллюсков можно восстановить как мелководный осолонённый водоём около устья реки. Раковины мелких гастропод вследствие процессов выветривания имеют белый цвет, что придает белёсый оттенок вмещающим отложениям, а часть карбоната кальция при разрушении раковин переходит в пески, цементируя их.

МК 3 установлен в суглинках слоя 8. Определено 284 раковины моллюсков 13 видов 6 родов (табл. 1). На существование солоноватоводного бассейна в это время указывают массовые находки гастропод *Pyrgula conus* (Eichwald, 1838) и немногочисленных двустворок (рода *Didacna*, *Adacna*). Но, в то же время, этот водоём местами опреснялся, что подтверждается наличием песчаных прослоев с единичными раковинами пресноводных моллюсков *Dreissena polymorpha*, *Corbicula fluminalis*, *Pisidium amnicum* (Müller, 1774). В комплексе присутствуют *Didacna paleotrigonoides* (Fedorov, 1953) и *D. subpyramidata* (Pravoslavlev, 1939), руководящие виды для хазарских отложений.

Палеоэкологические условия конца среднего и позднего неоплейстоцена на основе малакологических и литологических данных

Результаты исследования комплексов моллюсков в местонахождении Ветлянка и изуче-



Рис. 12. Точка наблюдения Ветлянка 1. Строение верхней части обрыва (слои 9–11; высота обнажения 3.2 м). Фото Г. А. Данукаловой

Fig. 12. Observation point Vetlyanka 1. Structure of the upper part of the riverside cliff (layers 9–11; outcrop height is 3.2 m). Photo by G. A. Danukalova

ние литологических особенностей вмещающих их отложений, а также сравнение с известными данными по другим местонахождениям (Косика, Сероглазовка, Ленино), свидетельствуют о неоднократном изменении условий их обитания в позднем неоплейстоцене (рис. 15).

В основании берегового обрыва над урезом воды залегают тёмно-серые глины, сформировавшиеся в застойном пресноводном водоёме, сингильского времени, и существовавшим в конце среднего неоплейстоцена [Застрожных и др., 2018; Zastrozhnov et al., 2020, 2021; Данукалова и др., 2022] и, вероятно, в начале позднего неоплейстоцена.

Выше по разрезу залегают аллювиальные светло-серые косослоистые пески с многочисленными раковинами пресноводных гастропод и двусторчатых моллюсков и переотложенными раковинами солоноватоводных моллюсков (МК 1), сопоставленные с поздним хазаром. Присутствие

пресноводных видов в комплексе, а также состав отложений свидетельствует о существовании реки в это время. Пески, вероятно, могут быть разновозрастны со слоистыми суглинками и глинами («мусорная пачка») верхнего хазара местонаждений Сероглазовка, Ленино, Косика и Восток [Zastrozhnov et al., 2020, 2021; Данукалова и др., 2022; Головачёв и др., 2024]. В разрезе присутствуют русловая и пойменная фации аллювия.

Далее, в позднем хазаре, на месте реки образовался мелководный хорошо прогреваемый озёрно-лиманый водоём (залив), вероятно, возникший в начале подъёма уровня моря. На песчаном субстрате с богатой водной растительностью обитали многочисленные раковины солоноватоводных и пресноводных гастропод (МК 2). Присутствие экробий и пиргулид указывает на небольшое осолонение водоёма, наличие теодоксусов свидетельствует о его опреснении, которое возникало при привносе пресных вод с окружающей суши.

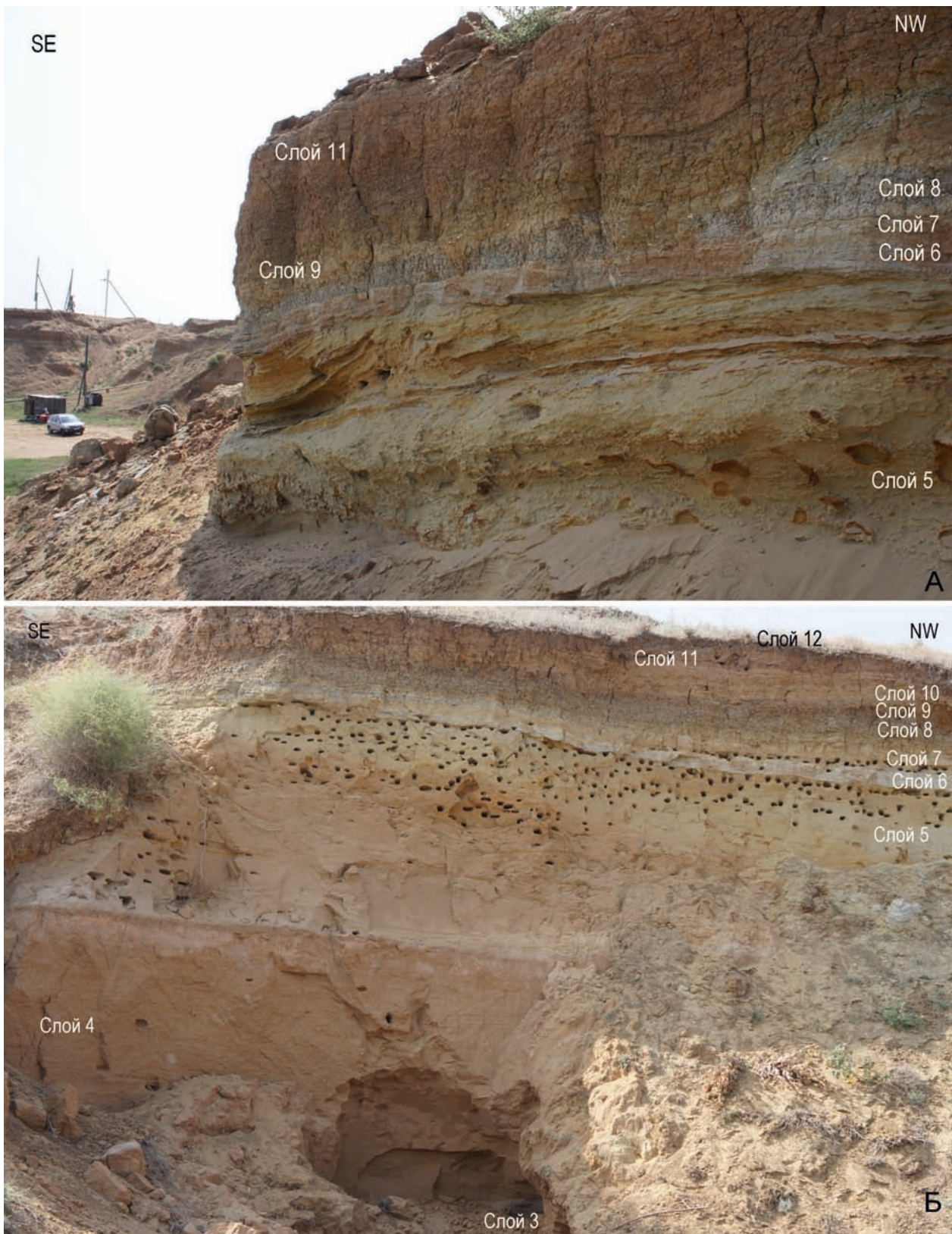


Рис. 13. Точка наблюдения Ветлянка 1. Строение берегового обрыва (А, Б). Фото Г. А. Данукаловой

Fig. 13. Observation point Vetlyanka 1. The structure of the riverside cliff (А, Б). Photos by G. A. Danukalova



Рис. 14. Руководящие виды моллюсков из верхнехазарских отложений местонахождения Ветлянка

Условные обозначения: МК 1: 1 – *Valvata piscinalis* (Müller), ИГ № 334/5046/4; 2 – *Pisidium amnicum* (Müller), правая створка, ИГ № 334/5046/2; 3 – *Planorbis planorbis* (Linné), ИГ № 334/5046/5; 4 – *Corbicula fluminalis* (Müller), левая створка, ИГ № 334/5026/3; 5 – *Viviparus viviparus* (Linnaeus), ИГ № 334/5047/1.

МК 2: 6 – *Ecrobia ventrosa* (Montagu), ИГ № 331/5045/9; 7 – *Theodoxus (Theodoxus) pallasii* (Lindholm), ИГ № 331/5045/8.

МК 3: 8 – *Pyrgula conus* (Eichwald), ИГ № 331/5044/10; 9 – *Adacna (Monodacna) caspia* (Eichwald), левая створка, ИГ № 331/5044/13; 10 – *Adacna polymorpha* (Logvinenko et Starobogatov), правая створка, ИГ № 331/5044/14; 11 – *Didacna subpyramidata* (Pravoslavlev), правая створка, ИГ № 331/5044/11; 12 – *Didacna paleotrigonoides* (Fedorov), правая створка, ИГ № 331/5044/12; а – вид со стороны устья; б – вид сбоку; в – вид со стороны противоположной устью; д – вид сверху; е – вид снизу; ж – вид снаружи створки; и – вид изнутри створки.

Fig. 14. Key molluscs species from Upper Khazar deposits of the Vetlyanka locality

Legend: МК 1: 1 – *Valvata piscinalis* (Müller), ИГ № 334/5046/4; 2 – *Pisidium amnicum* (Müller), right valve, ИГ № 334/5046/2; 3 – *Planorbis planorbis* (Linné), ИГ № 334/5046/5; 4 – *Corbicula fluminalis* (Müller), left valve, ИГ № 334/5026/3; 5 – *Viviparus viviparus* (Linnaeus), ИГ № 334/5047/1.

МК 2: 6 – *Ecrobia ventrosa* (Montagu), ИГ № 331/5045/9; 7 – *Theodoxus (Theodoxus) pallasii* (Lindholm), ИГ № 331/5045/8.

МК 3: 8 – *Pyrgula conus* (Eichwald), ИГ № 331/5044/10; 9 – *Adacna (Monodacna) caspia* (Eichwald), left valve, ИГ № 331/5044/13; 10 – *Adacna polymorpha* (Logvinenko et Starobogatov), right valve, ИГ № 331/5044/14; 11 – *Didacna subpyramidata* (Pravoslavlev), right valve, ИГ № 331/5044/11; 12 – *Didacna paleotrigonoides* (Fedorov), right valve, ИГ № 331/5044/12; а – apertural view; б – lateral view (top right); в – abapertural view (view from the opposite side of the aperture); д – top view; е – umbo view; ж – external view; и – internal view.

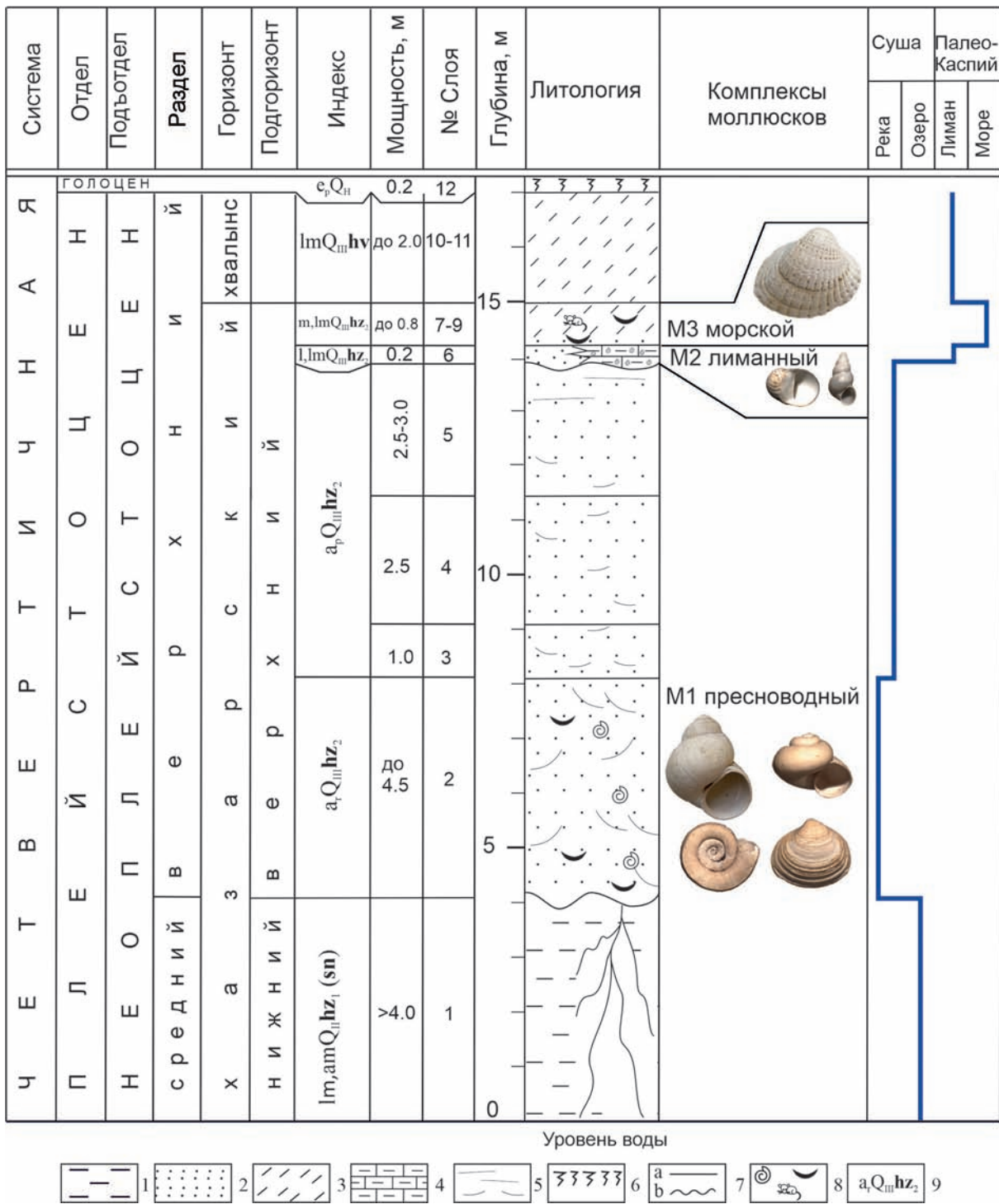


Рис. 15. Реконструкции палеогеографических обстановок в конце среднего и позднем неоплейстоцене по материалам местонахождения Ветлянка

Условные обозначения: 1 – глина; 2 – песок; 3 – суглинок; 4 – мергель; 5 – слоистость; 6 – почва; 7 – границы слоёв (а – субгоризонтальная; б – с размывом); 8 – палеонтологические остатки: раковины моллюсков, кости позвоночных; 9 – стратиграфические индексы (пояснения – см. в тексте статьи).

Fig. 15. Palaeogeographical reconstructions of the palaeoenvironment during late Middle and Late Neopleistocene based on Vetlyanka locality data

Legend: 1 – clay; 2 – sand; 3 – loam; 4 – marl; 5 – lamination; 6 – soil; 7 – layer boundaries (a – subhorizontal; б – erosional); 8 – fossil remains: mollusc shells, vertebrate bones; 9 – stratigraphical indices (see text of the paper for explanations).

При дальнейшем развитии трансгрессии, мелководный водоём стал более осолонённым (море). В нём на суглинистых осадках обитали дидакны и солоноватоводные гастроподы (МК 3). Виды дидакн позволяют соотнести вмещающие осадки с поздним хазаром.

Список литературы

Богущая Н. Г., Кияшко П. В., Насека А. М., Орлова М. И. Определитель рыб и беспозвоночных Каспийского моря. Т. 1. Рыбы и моллюски. СПб., М.: КМК, 2013. 543 с.

Васильев Ю. М. Антропоген Южного Заволжья. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 128 с. (Труды Геологического института АН СССР, Вып. 49).

Головачёв М. В., Ремизов С. О., Титов В. В., Застрожных А. С., Застрожных Д. А., Данукалова Г. А. Находка скелета *Mammuthus cf. intermedius* Jourdan, 1861 из сингильских отложений близ с. Ленино (Нижняя Волга, Россия) и её палеонтологическое и археологическое значение // *Stratum plus*. Археология и культурная антропология. 2024. № 1. С. 133–159.

Данукалова Г. А., Осипова Е. М., Застрожных А. С., Головачёв М. В. Моллюски из отложений среднего-верхнего неоплейстоцена местонахождения Восток (Нижняя Волга, Россия) и реконструкции палеоэкологических условий // Геологический вестник. 2022. № 3. С. 103–113. DOI: 10.31084/2619-0087/2022-3-9

Дрейссена: систематика, экология, практическое значение / Соколов В. Е. (главный ред.). М.: Наука, 1994. 240 с.

Жадин В. И. Моллюски пресных вод СССР. М., Л.: АН СССР, 1952. 376 с. (Определители по фауне СССР. Труды ЗИН АН СССР; Т. 46).

Застрожных А. С., Данукалова Г. А., Головачёв М. В., Титов В. В., Тесаков А. С., Симакова А. Н., Осипова Е. М., Трофимова С. С., Зиновьев Е. В., Курманов Р. Г. Сингильские отложения в схеме квартара Нижневолжского региона: новые данные // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2018. Т. 26. № 6. С. 80–120. DOI: 10.1134/S0869592X18060066

Логвиненко Б. М., Старобогатов Я. И. Гастроподы // Бирштейн Я. А., Виноградова Л. Г., Кондакова Н. Н., Кун М. С., Астахова Т. В., Романова Н. Н. (ред.), Атлас беспозвоночных Каспийского моря. М.: Издательство Пищевая промышленность, 1968. С. 339–385.

Москвитин А. И. Плейстоцен Нижнего Поволжья. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 265 с. (Труды Геологического института АН СССР, Вып. 64).

Невеская Л. А., Попов С. В., Гончарова И. А., Гужов А. В., Янин Б. Т., Полуботко И. В., Бяков А. С., Гаврилова В. А. Двустворчатые моллюски фанерозоя России и сопредельных стран. М.: Издательство Научный мир, 2013. 524 с. (Труды Палеонтологического института РАН; Т. 294).

Попов Г. И. Гирканская трансгрессия в Северном Прикаспии // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 1967. Вып. 33. С. 77–86.

Попов Г. И. Плейстоцен Черноморско-каспийских проливов. М.: Наука, 1983. 216 с.

Свиточ А. А. Атлас-определитель моллюсков р. *Didacna Eichwald* из четвертичных отложений Центрального Каспия. М.: Недра, 1967. С. 17–18.

Седайкин В. М. Опорные разрезы четвертичных отложений Северо-Западного Прикаспия. Деп. ВИНТИ. № 1594-В-88. 1988.

Янина Т. А. Дидакны Понто-Каспия. Смоленск: Маджента, 2005. 300 с.

Glöer P. Die Süßwassergastropoden Nord- und Mitteleuropas. Bestimmungsschlüssel, Lebensweise, Verbreitung. Die Tierwelt Deutschlands, 2. Aufl., 73. 2002. Conchbooks, Hackenheim, 327 p.

Nederlandse Fauna 2. De Nederlandse Zoetwatermollusken. Recente en fossiele weekdieren uit zoet en brak water. Redactie E. Gittenberger & A. W. Janssen. Nationaal Natuurhistorisch museum Naturalis KNNV uitgeverij — European Invertebrate survey. Nederland. 1998. 288 p.

Nevesskaja L. A. History of the Genus *Didacna* (Bivalvia: Cardiidae). // *Paleontological J.* 2007. V. 41 (9). P. 861–949.

Zastrozhnov A., Danukalova G., Golovachev M., Titov V., Osipova E., Simakova A., Yakovlev A., Yakovleva T., Aleksandrova, G., Shevchenko A., Murray A., Tesakov A., Sadikhov E. Biostratigraphical investigations as a tool for palaeoenvironmental reconstruction of the Neopleistocene (Middle-Upper Pleistocene) at Kosika, Lower Volga, Russia // *Quaternary International*. 2020. V. 540. P. 38–67.

Zastrozhnov A., Danukalova G., Golovachev M., Osipova E., Kurmanov R., Zenina M., Zastrozhnov D., Kovalchuk O., Yakovlev A., Titov V., Yakovleva T., Gimranov D. Pleistocene palaeoenvironments in the Lower Volga region (Russia): insights from a comprehensive biostratigraphical study of the Seroglazovka locality // *Quaternary International*. 2021. V. 590, P. 85–121.

References

Bogutskaya N. G., Kiyashko P. V., Naseka A. M., Orlova M. I. (2013) *Opredelitel ryb i bespozvonochnykh Kaspijskogo moria* [Identification keys for fish and invertebrates of the Caspian Sea]. Vol. 1. Fish and molluscs. KMK Scientific Publishing Association, St. Petersburg — Moscow, 543 pp. (In Russian).

Vasiliev Yu. M. (1961) *Antropogen Yuzhnogo Zavolzh'ya* [Anthropogen of the Southern Trans-Volga region]. Publishing House of the USSR Academy of Sciences, Moscow. 128 p. (Proceedings of the Geological Institute of the USSR Academy of Sciences, Issue 49). (In Russian).

Golovachev M. V., Remizov S. O., Titov V. V., Zastrozhnov A. S., Zastrozhnov D. A., Danukalova G. A. (2024) Nakhodka skeleta *Mammuthus cf. intermedius* Jourdan, 1861 iz singil'skikh otlozheniy bliz s. Lenino (Nizhnyaya Volga, Rossiya) i yeyo paleontologicheskoye i arkheologicheskoye znachenie [The discovery of the skeleton of *Mammuthus cf. intermedius* Jourdan, 1861 from Singil deposits near the Lenino village (Lower Volga, Russia) and its paleontological and archaeological significance]. *Stratum plus. Archeology*

and cultural anthropology, 1, 133–159 (In Russian with English abstract).

Danukalova G. A., Osipova E. M., Zastrozhnov A. S., Golovachev M. V. (2022) [Molluscs from the Middle-Upper Neopleistocene deposits at the Vostok locality (Lower Volga area, Russia) and reconstructions of the palaeoenvironment]. *Geologicheskii vestnik*, 3, 103–113 (In Russian with English abstract).

Dreissena: sistematika, ekologiya, prakticheskoye znachenie [Dreissena: systematics, ecology, practical importance] / Sokolov V. E. (Chief Ed.). Nauka Press, Moscow, 1994. 240 pp. (In Russian).

Zhadin V. I. (1952) *Mollyuski presnykh vod SSSR* [Molluscs of the freshwaters of the USSR]. Moscow — Leningrad: USSR Academy of Sciences Press. 376 p. (Opredeliteli po faune SSSR, izdavaemye Zoologicheskim institutom AN SSSR. T. 46. [Determinants on Fauna of the USSR, published by Zoological Institute, Academy of Sciences of the USSR. V. 46]. (In Russian).

Zastrozhnov A. S., Danukalova G. A., Golovachev M. V., Titov V. V., Tesakov A. S., Simakova A. N., Osipova E. M., Trofimova S. S., Zynoviev E. V., Kurmanov R. G. (2018) Singil Deposits in the Quaternary Scheme of the Lower Volga Region: New Data. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 26 (6), 647–685. (In Russian).

Logvinenko B. M., Starobogatov Ya. I. (1968) Gastropody [Gastropods], in: Birshstein, Y. A., Vinogradova, L. G., Kondakova, N. N., Kun, M. S., Astakhova, T. V., Romanova, N. N. (Eds.), *Atlas bespozvonochnykh Kaspijskogo moria* [Atlas of invertebrates of the Caspian Sea]. Pishchevaya promyshlennost Press, Moscow, p. 339–385. (In Russian).

Moskvitin A. I. (1962) *Pleystotsen Nizhnego Povolzh'ya* [Pleistocene of the Lower Volga region]. Publishing House of the USSR Academy of Sciences, Moscow. 265 p. (Proceedings of the Geological Institute of the USSR Academy of Sciences, Issue 64). (In Russian).

Neveeskaja L. A., Popov S. V., Goncharova I. A., Guzhov A. V., Janin B. T., Polubotko I. V., Biakov A. S., Gavrilova V. A. (2013) *Phanerozoic Bivalvia of Russia and surrounding countries*. Scientific world Press, Moscow. 524 p. (Trudy Paleontologicheskogo instituta, 294). (In Russian).

Popov G. I. (1967) Girkanskaya transgressiya v Severnom Prikaspii [Hyrcanian transgression in the Northern Caspian].

Bulletin of the Commission for the Study of the Quaternary Period, 33, 77–86. (In Russian).

Popov G. I. (1983) *Pleistocen Chernomorsko-Kaspijskikh prolivov* [Pleistocene of the Black Sea — Caspian Sea passages]. Nauka Press, Moscow, 216 pp. (In Russian).

Svitoch A. A. (1967) *Atlas-opredelitel' mollyuskov r. Didacna Eichwald iz chetvertichnykh otlozheniy Tsentral'nogo Kaspiya* [Atlas-identifier of molluscs of the genus *Didacna* Eichwald from Quaternary deposits of the Central Caspian]. Nedra Press, Moscow. Pp. 17–18. (In Russian).

Sedaikin V. M. (1988) *Opornyye razrezy chetvertichnykh otlozheniy Severo-Zapadnogo Prikaspiya* [Reference sections of Quaternary deposits of the North-Western Caspian region]. Dep. VINITI. No. 1594-B-88. (In Russian).

Yanina T. A. (2005) *Didakny Ponto-Kaspiya* [Didacnas of the Ponto-Caspian Sea]. Magenta Press, Smolensk. 300 p. (In Russian).

Glöer P. (2002) *Die Süßwassergastropoden Nord- und Mitteleuropas*. Bestimmungsschlüssel, Lebensweise, Verbreitung. Die Tierwelt Deutschlands, 2. Aufl., 73. Conchbooks, Hackenheim, 327 p.

Nederlandse Fauna 2 (1998) De Nederlandse Zoetwatermollusken. Recente en fossiele weekdieren uit zoet en brak water. Redactie E. Gittenberger & A. W. Janssen. Nationaal Natuurhistorisch museum Naturalis KNNV uitgeverij — European Invertebrate survey. Nederland. 288 p.

Neveeskaja L. A. (2007) History of the Genus *Didacna* (Bivalvia: Cardiidae). *Paleontological Journal*, 41 (9). P. 861–949.

Zastrozhnov A., Danukalova G., Golovachev M., Titov V., Osipova E., Simakova A., Yakovlev A., Yakovleva T., Aleksandrova, G., Shevchenko A., Murray A., Tesakov A., Sadikhov E. (2020) Biostratigraphical investigations as a tool for palaeoenvironmental reconstruction of the Neopleistocene (Middle-Upper Pleistocene) at Kosika, Lower Volga, Russia. *Quaternary International*, 540, 38–67.

Zastrozhnov A., Danukalova G., Golovachev M., Osipova E., Kurmanov R., Zenina M., Zastrozhnov D., Kovalchuk O., Yakovlev A., Titov V., Yakovleva T., Gimranov D. (2021) Pleistocene palaeoenvironments in the Lower Volga region (Russia): insights from a comprehensive biostratigraphical study of the Seroglazovka locality. *Quaternary International*, 590, 85–121.

Сведения об авторах:

Данукалова Гузель Анваровна, канд. геол.-мин. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. danukalova@ufaras.ru.

Осипова Евгения Михайловна, канд. геол.-мин. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. myrte@mail.ru.

Застрожных Андрей Станиславович, канд. геол.-мин. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение Всероссийский геологический институт им. А. П. Карпинского (Институт Карпинского), г. Санкт-Петербург. andrey_zastrozhnov@vsegei.ru

About the authors:

Danukalova Guzel, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. danukalova@ufaras.ru.

Osipova Evgeniya, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. myrte@mail.ru.

Zastrozhnov Andrey, candidate of geological and mineralogical sciences, A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, Saint Petersburg. andrey_zastrozhnov@vsegei.ru

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.*

Статья поступила в редакцию 03.06.2024; одобрена после рецензирования 05.06.2024; принята к публикации 22.07.2024

The article was submitted 03.06.2024; approved after reviewing 05.06.2024; accepted for publication 22.07.2024

Научная статья

УДК 551.79+567/569 (470.55/58)

DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-4

ГОЛОЦЕНОВЫЕ ЗЕМНОВОДНЫЕ, ПРЕСМЫКАЮЩИЕСЯ И МЕЛКИЕ МЛЕКОПИТАЮЩИЕ ИЗ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ПЕЩЕРА ГРЕБНЕВАЯ (Р. ЮРЮЗАНЬ, ЮЖНЫЙ УРАЛ)

А. Г. Яковлев¹, Т. И. Яковлева²

¹ — Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Уфа, a_jakovlev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2676-6883>

² — Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, г. Уфа, tiy2@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-03533171>

Изучены костные остатки земноводных, пресмыкающихся и мелких млекопитающих из рыхлых отложений привходового грота пещеры Гребневая (среднее течение р. Юрюзань, Южный Урал). Земноводные представлены *Bufo* sp., *Pelophylax ridibundus* и *Rana* cf. *temporaria*. Пресмыкающиеся — *Anguis fragilis*, *Lacerta* cf. *agilis*, *Zootoca vivipara*, *Coronella austriaca*, *Natrix* sp., *Vipera berus*. Выявленный видовой состав земноводных и пресмыкающихся из местонахождения состоит из видов, характерных различным биотопам горной части Южного Урала с раннего голоцена и до современности. В более ранних отложениях пещеры (слой 3) преобладают остатки *Microtus (Stenocranius) gregalis*, *Alexandromys oeconomus*, *Arvicola amphibius*, обнаружены единичные остатки *Allactaga major* и *Dicrostonyx torquatus*. Во втором слое преобладают остатки *Arvicola amphibius*, *Microtus arvalis* и *Alexandromys oeconomus*. Определены *Ochotona pusilla*, *Cricetulus migratorius*, *Lagurus lagurus*, *Microtus (Stenocranius) gregalis* и немногочисленные *Sorex* sp., *Apodemus* ex gr. *uralensis-agrarius*, *Cricetus cricetus*, *Myodes* ex gr. *glareolus-rutilus*. В наиболее молодом слое 1 преобладают остатки *Microtus arvalis*, *Sorex* sp., *Myodes* ex gr. *glareolus — rutilus* и *Arvicola amphibius*. Определены *Pteromys volans*, *Sciurus vulgaris*, *Apodemus flavicollis*, *Ochotona pusilla*, *Cricetulus migratorius*, *Allocrietulus eversmanni*, *Lagurus lagurus* и *Microtus (Stenocranius) gregalis*. В местонахождении наблюдается смена экологических групп мелких млекопитающих. В слое 3 доля лесных и луговых видов невелика, а доля степных видов значительна, что характерно для среднего и раннего голоцена горной части Южного Урала. В слое 3 обнаружены остатки лемминга — тундрового вида, характерного для раннего голоцена. Первый слой характеризуется значительной долей лесных и луговых видов, но присутствуют и типично степные виды. Накопление костных остатков мелких млекопитающих в местонахождении пещера Гребневая происходило, вероятно, в конце раннего и в среднем голоцене. Приповерхностные отложения первого слоя обогащены видами более характерными для позднего голоцена и современности.

Ключевые слова: земноводные, пресмыкающиеся, мелкие млекопитающие, голоцен, Южный Урал

Благодарности: работа выполнена в рамках Государственной бюджетной темы № FMRS-2022–0010. Авторы благодарят заведующую лабораторией геологии кайнозоя Института геологии УФИЦ РАН Г. А. Данукалову за всестороннюю помощь в проведении полевых работ.

Для цитирования: Яковлев А. Г., Яковлева Т. И. Голоценовые земноводные, пресмыкающиеся и мелкие млекопитающие из местонахождения пещера Гребневая (р. Юрюзань, Южный Урал) // Геологический вестник. 2024. № 2. С. 39–48. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-4

For citation: Yakovlev A. G., Yakovleva T. I. (2024) Holocene amphibians, reptiles and small mammals from the Grebnevaya Cave locality (Yuryuzan River, Southern Urals). *Geologicheskii vestnik*. 2024. No. 2. P. 39–48. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-4

© А. Г. Яковлев, Т. И. Яковлева, 2024

Original article

HOLOCENE AMPHIBIANS, REPTILES AND SMALL MAMMALS FROM THE GREBNEVAYA CAVE LOCALITY (YURYUZAN RIVER, SOUTHERN URALS)

A. G. Yakovlev¹, T. I. Yakovleva²

1 — Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, a_jakovlev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2676-6883>

2 — Bashkir State Pedagogical University named by M. Akmulla, Ufa, tiy2@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0353-3171>

The bone remains of amphibians, reptiles and small mammals from the loose sediments of the entrance grotto of the Grebnevaya cave (the middle reaches of the Yuryuzan River, Southern Urals) were studied. Amphibians are represented by *Bufo* sp., *Pelophylax ridibundus* and *Rana* cf. *temporaria*. Reptiles — *Anguis fragilis*, *Lacerta* cf. *agilis*, *Zootoca vivipara*, *Coronella austriaca*, *Natrix* sp., *Vipera berus*. The identified species composition of amphibians and reptiles from the locality consists of species characteristic of various biotopes of the mountainous part of the Southern Urals from the early Holocene to the present. In the earlier deposits of the cave (layer 3), remains of *Microtus* (*Stenocranius*) *gregalis*, *Alexandromys oeconomicus*, *Arvicola amphibius* predominate; single remains of *Allactaga major* and *Dicrostonyx torquatus* were found. The second layer is dominated by remains of *Arvicola amphibius*, *Microtus arvalis* and *Alexandromys oeconomicus*. *Ochotona pusilla*, *Cricetulus migratorius*, *Lagurus lagurus*, *Microtus* (*Stenocranius*) *gregalis* and a few *Sorex* sp., *Apodemus* ex gr. *uralensis-agrarius*, *Cricetus cricetus*, *Myodes* ex gr. *glareolus* — *rutilus*. The youngest layer 1 is dominated by remains of *Microtus arvalis*, *Sorex* sp., *Myodes* ex gr. *glareolus* — *rutilus* and *Arvicola amphibius*. *Pteromys volans*, *Sciurus vulgaris*, *Apodemus flavicollis*, *Ochotona pusilla*, *Cricetulus migratorius*, *Allocricetulus eversmanni*, *Lagurus lagurus* and *Microtus* (*Stenocranius*) *gregalis* were identified. A change in the ecological groups of small mammals is observed in the locality. In layer 3, the proportion of forest and meadow species is small, and the proportion of steppe species is significant, which is typical for the middle and early Holocene of the mountainous part of the Southern Urals. In layer 3, remains of lemmings were found, a tundra species characteristic of the early Holocene. The first layer is characterized by a significant proportion of forest and meadow species, but typical steppe species are also present. The accumulation of bone remains of small mammals in the Grebnevaya Cave location probably occurred at the end of the early and middle Holocene. The near-surface deposits of the first layer are enriched with species more characteristic of the late Holocene and modern times.

Keywords: amphibians, reptiles, small mammals, Holocene, Southern Urals

Acknowledgments: the work was carried out within the framework of the State Budget Theme No. FMRS-2022–0010. The authors thank the head of the laboratory of the Cenozoic Geology of the Institute of Geology of the UFRC RAS G. A. Danukalova for her comprehensive assistance in conducting field work.

Введение

Изучение ископаемых костных остатков наземных мелких позвоночных из рыхлых отложений пещеры Гребневая, расположенной в долине среднего течения р. Юрюзань, позволит существенно уточнить историю развития фаун земноводных, пресмыкающихся и мелких млекопитающих района исследований, а также палеоэкологическую обстановку времени их существования.

В долине среднего течения р. Юрюзань известно несколько пещерных местонахождений костных остатков мелких позвоночных — пещера

Сабакай III [Сухов, 1978; Яковлев, Яковлева, 2020], пещера Казырбак [Сухов, 1978; Яковлев, Яковлева, 2011a], пещера Идрисовская [Смирнов и др., 1990], гроты И1–20, Л1–20, пещера Гребневая [Яковлев, Яковлева, 2022]. Благодаря проведенным ранее исследованиям ископаемых остатков мелких позвоночных, для данного района охарактеризована позднеплейстоценовая фауна (пещера Идрисовская), среднеголоценовая фауна (пещера Казырбак), фауна конца среднего — начала позднего голоцена (пещера Сабакай III), позднеголоценовая фауна по сборам из приповерхностных отложений гротов И1–20, Л1–20 и пещеры Гребневая.

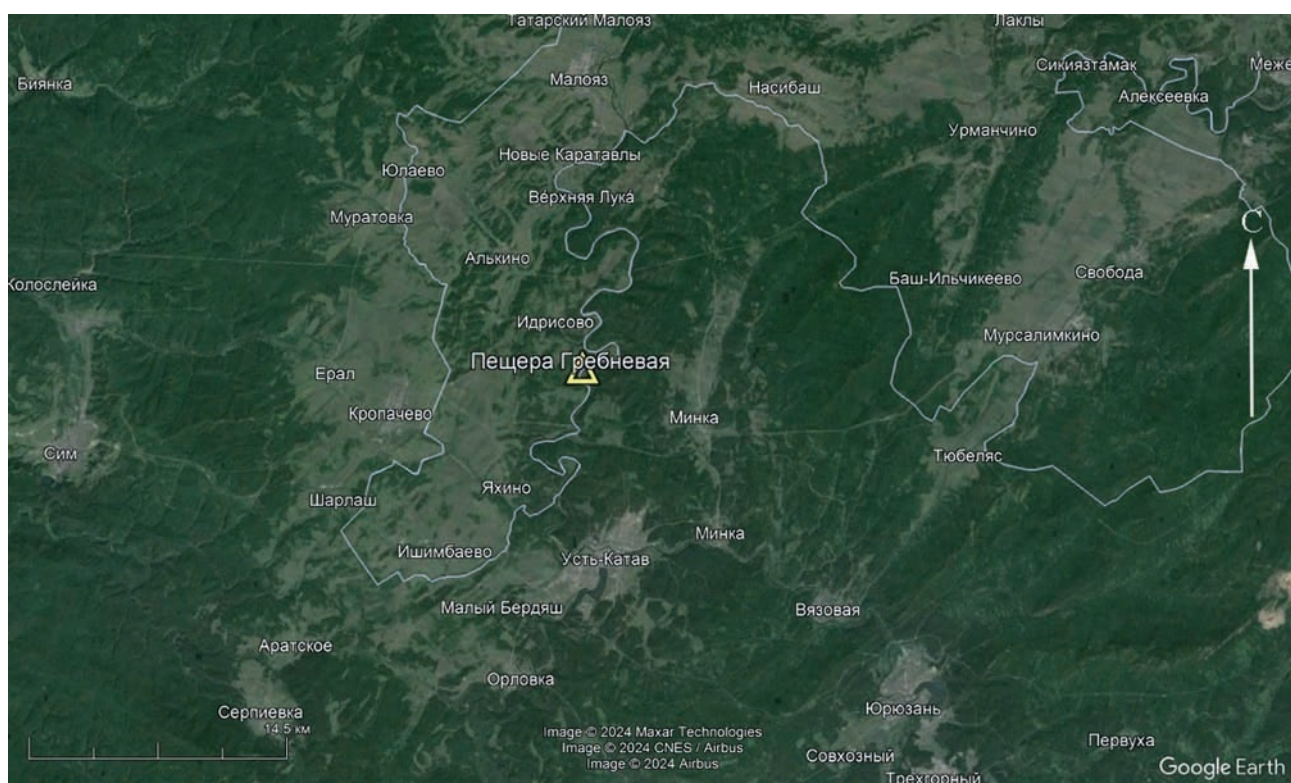


Рис. 1. Расположение пещеры Гребневая (желтый треугольник) (основа — космоснимок Google Earth)

Условные обозначения: светлая линия – граница между Республикой Башкортостан и Челябинской областью Российской Федерации.

Fig. 1. Location of the Grebnevaya Cave (yellow triangle) (satellite image by Google Earth is a base of the figure)

Legend: light-colored line is a boundary between Bashkortostan Republic and Chelyabinsk region of the Russian Federation.

Материал и методы

Пещера Гребневая ($55^{\circ}1'38.40''$ с.ш., $58^{\circ}8'54.00''$ в.д.) (рис. 1) расположена в средней части левого борта долины р. Юрюзань на Большом Лимоновском гребне (рис. 2), в 1.6 км южнее широко известной пещеры Идрисовская (Салаватский район Республики Башкортостан). Входной грот пещеры имеет высоту 3–6 м, ширину — 6 м и ориентирован на северо-восток (рис. 3). В 2020–2022 гг. авторами были проведены сборы костных остатков мелких

позвоночных из отложений шурфа, расположенного в привходовой части пещеры. План привходовой части опубликован ранее [Яковлев, Яковлева, 2022].

Шурфом 0.75×0.75 м вскрыты и по условным горизонтам мощностью 0.05 м опробованы отложения, описанные ниже.

Всего из местонахождения с помощью промывки рыхлых отложений в ситах с ячейкой 1×1 мм получено 14 определенных костных остатков земноводных, 36 остатков пресмыкающихся и 1223 остатка мелких млекопитающих (табл. 1, 2, 3).

Отложения	Интервал, в м
1. Гумусированная темно-серая супесь со щебнем карбонатных пород разного размера, с растительными остатками, в верхней части обогащенная фекалиями мелких парнокопытных (косуля?) (0.2 м)	0.2
2. Светло-коричневый средний суглинок, в верхней части слоя более темный с плотно сгруппированным щебнем карбонатных пород (0.1 м)	0.3
3. Темно-коричневый тяжелый суглинок с глыбами известняка (0.25 м)	0.55



Рис. 2. Большой Лимоновский гребень (слева) и долина реки Юрюзань (фото Т. И. Яковлевой)

Fig. 2. Bolshoi (Big) Limonovsky Riverside cliff (left side of photo) and Yuryuzan River valley (photo by T.I. Yakovleva)

Кости, в основном, имеют светло-коричневую окраску, встречаются кости черного и светло-серого цвета. В верхних условных горизонтах доля светло-серых костных остатков больше. Кости мелких позвоночных значительно фрагментированы. Видимо, накопление костного материала происходило в результате жизнедеятельности хищных млекопитающих, которые использовали пещеру как логово.

Определение костных остатков земноводных, пресмыкающихся и мелких млекопитающих проводилось с использованием остеологических коллекций современных видов. В таблицах 1–2 для каждого таксона приведено общее количество определяемых остатков. В таблице 3 для каждого таксона установлено максимальное количество особей по числу одноименных определяемых остатков.

Для описания структуры сообществ мелких млекопитающих использовались цифровые градации и соответствующие им словесные оценки доминирования видов в сообществах: доминанты



Рис. 3. Входной грот пещеры Гребневая (фото Т. И. Яковлевой)

Fig 3. Entrance grotto of the Grebnevaya Cave (photo by T.I. Yakovleva)

или очень многочисленные виды, доля остатков 30% и более процентов; содоминанты или многочисленные виды — 10–29.9%; субдоминанты или обычные виды — 1–9.9%; редкие виды — 0.2–0.9%, очень редкие виды — менее 0.2% [Кузьякин, 1962; Малеева, 1983].

Все выявленные виды и рода мелких млекопитающих из исследованных отложений пещеры отнесены к экологическим группам, по наиболее предпочитаемым условиям обитания современных видов. Выделено 6 групп: лесные — *Talpa europaea* Linnaeus, 1758; *Sorex* sp.; *Pteromys volans* (Linnaeus, 1758); *Sciurus vulgaris* (Linnaeus, 1758); *Apodemus uralensis* (Pallas, 1811), *Apodemus flavicollis* (Melchior, 1834); *Craseomys rufocanus* Sundevall, 1846; *Myodes* ex gr. *glareolus* — *rutilus*, *Microtus agrestis* (Linnaeus, 1761); степные — *Ochotona pusilla* (Pallas, 1769); *Allactaga major* (Kerr, 1792); *Cricetulus migratorius* (Pallas, 1771); *Allocricetulus eversmanni* (Brandt, 1894); *Lagurus lagurus* (Pallas, 1773); *Microtus (Stenocranius) gregalis* Pallas, 1779;

Таблица 1 Таксономический состав земноводных и пресмыкающихся по условным горизонтам из местонахождения пещера Гребневая
Table 1 Taxonomic composition of amphibians and reptiles according to conventional horizons from the Grebnevaya Cave locality

Слой	1				2		3				
Интервал глубины раскопа (м)	0–0.05	0.05–0.1	0.1–0.15	0.15–0.2	0.2–0.25	0.25–0.3	0.3–0.35	0.35–0.4	0.4–0.45	0.45–0.50	0.50–0.55
Таксоны											
Amphibia											
Bufo							1				
<i>Pelophylax ridibundus</i> (Pallas, 1771)		1									
<i>Rana</i> cf. <i>temporaria</i> Linnaeus, 1758										1	
<i>Rana</i> sp.		1	2				1	1	2		
Anura indet.				1			2	1			
Всего остатков		2	2	1			4	2	2	1	
Reptilia											
<i>Anguis fragilis</i> Linnaeus, 1758	2*	2	1	3	1	1	2	1		1	
<i>Lacerta</i> cf. <i>agilis</i> Linnaeus, 1758								2		1	
<i>Zootoca vivipara</i> (Lichtenstein, 1823)		1									
<i>Zootoca</i> cf. <i>vivipara</i> (Lichtenstein, 1823)		1									
<i>Coronella austriaca</i> Laurenti, 1768				1		1			1		
<i>Natrix</i> sp.							1				
<i>Vipera berus</i> (Linnaeus, 1758)	3			2	1						
<i>Vipera</i> cf. <i>berus</i> (Linnaeus, 1758)		1	5								
<i>Vipera</i> sp.				1							
Всего остатков	5	5	6	7	2	2	3	3	1	2	

Примечание. * количество определяемых остатков.
 Note. * number of detectable residues

Spermophilus sp.; тундровые — *Dicrostonyx torquatus* Pallas, 1778; околородные — *Arvicola amphibius* (Linnaeus, 1758); *Alexandromys oeconomus* (Pallas, 1776); луговые — *Microtus arvalis* (Pallas, 1778); *Cricetus cricetus* (Linnaeus, 1758); *Micromys minutus* (Pallas, 1771); прочие таксоны, обитающие в различных экологических условиях — Chiroptera, *Microtus* ex gr. *arvalis* — *agrestis*, *Lepus* sp., *Sicista* sp., *Apodemus* ex gr. *uralensis* — *agrarius*, *Mustela nivalis* (Linnaeus, 1766).

Результаты

В изученных отложениях пещеры Гребневая остатки земноводных и пресмыкающихся достаточно редки (см. табл. 1).

Земноводные представлены двумя видами, двумя родами и одним семейством. *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771), в настоящее время широко распространенный многочисленный вид, обитающий по берегам больших водоемов. *Rana* cf. *temporaria* Linnaeus, 1758 — обычный вид в горно-лесных поясах Южного Урала. Семейство Жабы Bufo на Южном Урале представлено 2 видами: *Bufo bufo* Linnaeus, 1758 — серая жаба; *Bufo viridis* (Laurenti, 1768) — зеленая жаба. Серая жаба обычный вид горно-лесных поясов Южного Урала, зеленая жаба предпочитает открытые биотопы в лесостепной зоне предгорий Южного Урала [Баянов и др., 2016].

Пресмыкающиеся представлены пятью видами и шестью родами. *Anguis fragilis* Linnaeus, 1758;

Таблица 2 Таксономический состав мелких млекопитающих по условным горизонтам из местонахождения пещера Гребневая
Table 2 Taxonomic composition of small mammals according to conventional horizons from the Grebnevaya Cave locality

Слой	1				2		3				
	0–0.05	0.05–0.1	0.1–0.15	0.15–0.2	0.2–0.25	0.25–0.3	0.3–0.35	0.35–0.4	0.4–0.45	0.45–0.50	0.50–0.55
Интервал глубины раскопа (м)											
Таксоны											
Chiroptera	22*	27	12		2	2	3				
<i>Talpa europaea</i> Linnaeus, 1758		2	1	1		1					
<i>Sorex</i> sp.	8	20	14	9	4	1	3	3			3
<i>Lepus</i> sp.	1	1						1	3		
<i>Ochotona pusilla</i> (Pallas, 1769)		2	3		3	1	1	2	4	2	1
<i>Pteromys volans</i> (Linnaeus, 1758)	1										
<i>Sciurus vulgaris</i> (Linnaeus, 1758)	1							1			
<i>Spermophilus</i> sp.		1								2	1
<i>Sicista</i> sp.		5	4						1	1	
<i>Allactaga major</i> (Kerr, 1792)								1			
<i>Apodemus uralensis</i> (Pallas, 1811)		1									
<i>Apodemus</i> ex gr. <i>uralensis</i> — <i>agrarius</i>	3	4	3	2	3			1			
<i>Apodemus flavicollis</i> (Melchior, 1834)		2	1								
<i>Micromis minutus</i> (Pallas, 1771)								1			
<i>Cricetulus migratorius</i> (Pallas, 1773)		1				1	2	1	2		
<i>Allocricetulus eversmanni</i> (Brandt, 1894)	1							1		2	1
<i>Cricetus cricetus</i> (Linnaeus, 1758)	7	8	5	5	5						1
<i>Craseomys rufocanus</i> Sundevall, 1846	1	3	3	1	2	2		2		2	2
<i>Myodes</i> ex gr. <i>glareolus</i> — <i>rutilus</i>	9	19	29	12	16	3	2	2	2	3	
<i>Lagurus lagurus</i> (Pallas, 1773)	3	2		2	7	1		7	3	1	7
<i>Dicrostonyx torquatus</i> Pallas, 1778									1		
<i>Arvicola amphibius</i> (Linnaeus, 1758)	15	27	17	13	53	32	8	10	2	2	2
<i>Alexandromys oeconomicus</i> (Pallas, 1776)		2	2	2	5	2	2	4	3	4	2
<i>Microtus (Stenocranius) gregalis</i> Pallas, 1779		3		2		3	3	3	1	8	3
<i>M. agrestis</i> (Linnaeus, 1761)	1	5	2	1					1		
<i>M. arvalis</i> (Pallas, 1778)		19	11	10	7	4		2	3	1	
<i>M.</i> ex gr. <i>arvalis</i> — <i>agrestis</i>	4		4	5	1			1		1	
<i>M.</i> sp.	69	84	49	44	52	25	31	44	35	48	28
<i>Mustela nivalis</i> (Linnaeus, 1766)					1						1
Всего остатков:	145	238	160	109	161	78	55	87	61	77	52

Примечание. * количество определяемых остатков.
 Note. * number of detectable residues.

Таблица 3 Структура сообществ мелких млекопитающих в местонахождении пещера Гребневая
Table 3 Structure of small mammal communities in the Grebnevaya Cave locality

Слой	1		2		3	
	Особей	%	Особей	%	Особей	%
Таксоны						
Chiroptera	10	5.13	2	3.13	1	1
<i>Talpa europaea</i> Linnaeus, 1758	3	1.54	1	1.56		
<i>Sorex</i> sp.	22	11.28	4	6.25	6	6
<i>Lepus</i> sp.	2	1.03			2	2
<i>Ochotona pusilla</i> (Pallas, 1769)	3	1.54	2	3.13	6	6
<i>Pteromys volans</i> (Linnaeus, 1758)	1	0.51				
<i>Sciurus vulgaris</i> (Linnaeus, 1758)	1	0.51			1	1
<i>Spermophilus</i> sp.	1	0.51			2	2
<i>Sicista</i> sp.	5	2.56			2	2
<i>Allactaga major</i> (Kerr, 1792)					1	1
<i>Apodemus uralensis</i> (Pallas, 1811)	1	0.51				
<i>Apodemus</i> ex gr. <i>uralensis</i> — <i>agrarius</i>	8	4.1	1	1.56	1	1
<i>Apodemus flavicollis</i> (Melchior, 1834)	3	1.54				
<i>Micromis minutus</i> (Pallas, 1771)					1	1
<i>Cricetulus migratorius</i> (Pallas, 1773)	1	0.51	1	1.56	3	3
<i>Allocricetulus evermanni</i> (Brandt, 1894)	1	0.51			3	3
<i>Cricetus cricetus</i> (Linnaeus, 1758)	12	6.15	2	3.13	1	1
<i>Craseomys rufocanus</i> Sundevall, 1846	5	2.56	2	3.13	3	3
<i>Myodes</i> ex gr. <i>glareolus</i> — <i>rutilus</i>	21	10.77	4	6.25	4	4
<i>Lagurus lagurus</i> (Pallas, 1773)	4	2.05	3	4.69	9	9
<i>Dicrostonyx torquatus</i> Pallas, 1778					1	1
<i>Arvicola amphibius</i> (Linnaeus, 1758)	20	10.26	19	29.69	10	10
<i>Alexandromys oconomus</i> (Pallas, 1776)	6	3.08	7	10.94	15	15
<i>Microtus (Stenocranius) gregalis</i> Pallas, 1779	5	2.56	3	4.69	18	18
<i>M. agrestis</i> (Linnaeus, 1761)	7	3.59			1	1
<i>M. arvalis</i> (Pallas, 1778)	40	20.51	11	17.19	6	6
<i>M.</i> ex gr. <i>arvalis-agrestis</i>	13	6.67	1	1.56	2	2
<i>Mustela nivalis</i> (Linnaeus, 1766)			1	1.56	1	1
Всего:	195	100	64	100	100	100

Lacerta cf. *agilis* Linnaeus, 1758; *Zootoca vivipara* (Lichtenstein, 1823); *Coronella austriaca* Laurenti, 1768; *Vipera berus* (Linnaeus, 1758) обитают в лесостепных и лесных поясах на Южном Урале. Из перечисленных видов, *Lacerta* cf. *agilis* и *Coronella austriaca* избегают увлажненных местообитаний, предпочитая открытые хорошо прогреваемые биотопы. Род *Natrix* на Южном Урале представлен двумя видами: *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758) —

обыкновенный уж и *Natrix tessellata* (Laurenti, 1768) — водяной уж. Обыкновенный уж широко распространен в околородных биотопах Южного Урала. Водяной уж — редкий вид, в настоящее время обнаруженный только в условиях южной лесостепи в предгорьях Южного Урала [Яковлев и др., 2016]. *Anguis fragilis*, *Zootoca vivipara* и *Vipera berus* обычны в горно-лесных поясах Южного Урала [Баянов и др., 2016].

В целом, выявленный видовой состав земноводных и пресмыкающихся из местонахождения пещера Гребневая состоит из видов, характерных различным биотопам горной части Южного Урала с раннего голоцена и до современности [Яковлев, Яковлева, 2011б].

Концентрация костных остатков мелких млекопитающих в отложениях шурфа, в целом, не высокая. Но, тем не менее, наблюдается изменение видового состава и соотношение долей видов от слоя 3 к слою 1 (см. табл. 3, рис. 4). Сообщество из слоя 3 характеризуется содоминированием *Microtus (Stenocranius) gregalis* (18%), *Alexandromys oeconomicus* (15%) и *Arvicola amphibius* (10%); *Lagurus lagurus* становится субдоминантом (9%). В слое обнаружены единичные остатки *Allactaga major* и *Dicrostonyx torquatus*. В сообществе мелких млекопитающих из слоя 2 практически доминирует *Arvicola amphibius* (29.69%), содоминантами являются *Microtus arvalis* (17.19%) и *Alexandromys oeconomicus* (10.94%). Определены *Ochotona pusilla*, *Cricetulus migratorius*, *Lagurus lagurus*, *Microtus (Stenocranius) gregalis*. В сообществе из первого литологического слоя содоминантами являются *Microtus arvalis* (20.51%), *Sorex sp.* (11.28%), *Myodes ex gr. glareolus — rutilus* (10.77%) и *Arvicola amphibius* (10.26%). Наряду с *Pteromys volans*, *Sciurus vulgaris*, *Apodemus flavicollis*, наиболее характерными для фаун позднего голоцена и современности горной части Южного Урала, в слое обнаружены остатки *Ochotona pusilla*, *Cricetulus migratorius*, *Allocriquetulus eversmanni*, *Lagurus lagurus*, *Microtus (Stenocranius) gregalis*, которые входят в состав ранне- и среднеголоценовых фаун.

По видовому составу и соотношению долей видов можно предположить, что накопление костных остатков мелких млекопитающих в местонахождении пещеры Гребневая происходило в конце раннего и в среднем голоцене. Приповерхностные отложения слоя 1 существенно обогащены видами более характерными для современности и позднего голоцена.

В данном местонахождении от слоя 3 к слою 1 наблюдается смена долей экологических групп мелких млекопитающих (рис. 5). В слое 3 доля лесных и луговых видов невелика, а доля степных видов значительна, что характерно для среднего и раннего голоцена горной части Южного Урала. В слое 3 обнаружены остатки лемминга — тундрового вида, характерного для раннего голоцена. Первый слой характеризуется значительной долей

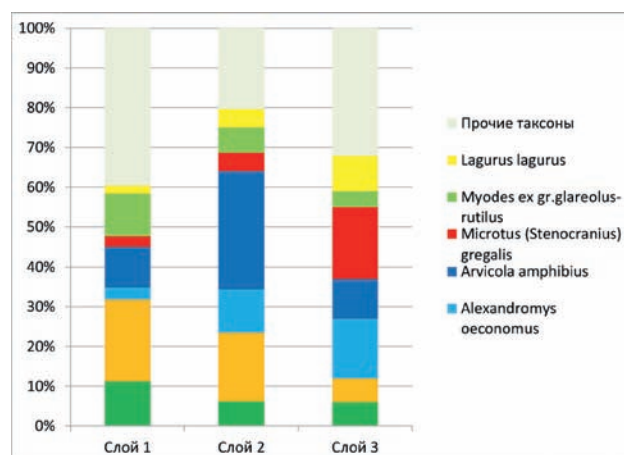


Рис. 4. Изменение долей видов мелких млекопитающих по слоям в местонахождении пещера Гребневая

Fig. 4. Changes in the proportions of small mammal species by layers in the Grebnevaya Cave locality

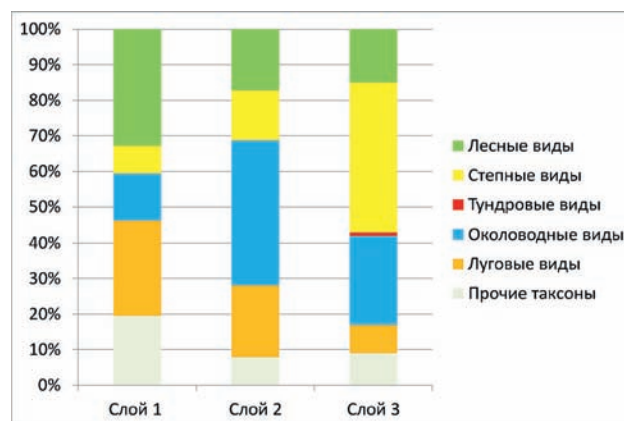


Рис. 5. Соотношение экологических групп мелких млекопитающих в местонахождении Пещера Гребневая

Fig. 5. The ratio of ecological groups of small mammals in the Grebnevaya Cave locality

лесных и луговых видов, но присутствуют и типично степные виды. Это может быть связано с современными лесостепными условиями прилегающих территорий среднего течения р. Юрюзань.

Выводы

В отложениях пещеры Гребневая костные остатки земноводных и пресмыкающихся не многочисленны и представлены широко распространенными видами, характерными для околоводных, закрытых лесных и открытых луговых биотопов горной части Южного Урала с раннего голоцена и до настоящего времени.

Прослеживается изменение таксономического состава и соотношение долей видов во вмещающих костные остатки мелких млекопитающих отложениях от 3 литологического слоя к слою 1. В сообществе из слоя 3 содоминантами являются узкочерепные полевки, полевки — экономки; водяные полевки, степные пеструшки занимают место субдоминантов. В сообществе из слоя 2 наблюдается доминирование водяных полевок, при этом обыкновенные полевки содоминанты вместе с полевыми — экономками. В сообществе из первого слоя содоминантами являются обыкновенные полевки, бурузубки, лесные полевки и водяные полевки.

По видовому составу и соотношению долей видов можно предположить, что накопление костных остатков мелких млекопитающих в местонахождении пещера Гребневая происходило, в основном, в конце раннего и в среднем голоцене. Приповерхностные отложения слоя 1 существенно обогащены видами более характерными для современности и позднего голоцена.

В местонахождении наблюдается смена экологических групп мелких млекопитающих. В слое 3 доля лесных и луговых видов невелика, а доля степных видов значительна, что характерно для среднего и раннего голоцена горной части Южного Урала. В слое 3 обнаружены остатки лемминга — тундрового вида, характерного для раннего голоцена. Первый слой характеризуется значительной долей лесных и луговых видов, но присутствуют и типично степные виды.

Список литературы

Баянов М. Г., Дьяченко И. П., Хабибуллин В. Ф., Биккинин Р. Ф., Боев В. Г., Бурзянцев А. В., Данукалова Г. А., Едренкина Л. А., Книси В. А., Кучеров Е. В., Маматов А. Ф., Матвеев А. Б., Мигранов М. Г., Осипова Е. М., Островская Ю. В., Сабитова Р. З., Степанова Р. К., Юмагулова Г. Р., Яковлев А. Г. Животные Башкортостана: монография. Уфа: РИЦ БашГУ, 2016. 388 с.

Кузякин А. П. Зоогеография СССР. Биогеография // Ученые записки Московского областного педагогического института им. Крупской. 1962. Т. 109, вып. 1. 182 с.

Малева А. Г. К методике палеоэкологического анализа териофауны позднего кайнозоя // История и эволюция современной фауны грызунов СССР. М.: Наука, 1983. С. 145–178.

Смирнов Н. Г., Большаков В. Н., Косинцев П. А., Панова Н. К., Коробейников Ю. И., Ольшванг В. Н., Ерохин Н. Г., Быкова Г. В. Историческая экология животных гор Южного Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 245 с.

Сухов В. П. Позднеплейстоценовые и голоценовые мелкие позвоночные из пещер западного склона Южного Урала // К истории позднего плейстоцена и голоцена Южного Урала и Предуралья. Уфа, 1978. С. 64–85.

Яковлев А. Г., Сабирзянов И. Р., Яковлева Т. И., Бакиев А. Г. Водяной уж *Natrix tessellata* в Башкортостане: первое достоверное местообитание // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2016. Т. 25, №4. С. 90–93.

Яковлев А. Г., Яковлева Т. И. Среднеголоценовая фауна мелких позвоночных из местонахождения Казырбак (Южный Урал) // Квартер во всем его разнообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Материалы VII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода (Апатиты, 12–17 сентября 2011 г.) / РАН, отделение наук о Земле, Комиссия по изучению четвертичного периода, Геол. институт КНЦ РАН. Апатиты, СПб, 2011а. Т. 1. С. 339–341.

Яковлев А. Г., Яковлева Т. И. Голоценовые земноводные и пресмыкающиеся западного макросклона Южного Урала // Геологический сборник. №9. Юбилейный выпуск / ИГ УНЦ РАН. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2011б. С. 91–94.

Яковлев А. Г., Яковлева Т. И. Голоценовая фауна мелких позвоночных из местонахождения Сабакай — III (Геопарк «Янгантау», Южный Урал) // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: Материалы и доклады / 13 — я Межрегиональная научно-практическая конференция, Уфа, 20–22 мая 2020 г. Уфа: Мир печати, 2020. С. 171–176.

Яковлев А. Г., Яковлева Т. И. Фауна мелких позвоночных (земноводных, пресмыкающихся и млекопитающих) из приповерхностных отложений пещерных местонахождений в долине среднего течения р. Юрюзань (Южный Урал) // Геологический вестник. 2022. №2. С. 103–113. DOI: 10.31084/2619–0087/2022-2-9

Referenses

Bayanov M. G., D'yachenko I. P., Khabibullin V. F., Bikkinin R. F., Boev V. G., Burzyantsev A. V., Danukalova G. A., Edrenkina L. A., Kniss V. A., Kucherov E. V., Mamatov A. F., Matveev A. B., Migranov M. G., Osipova E. M., Ostrovskaya Yu. V., Sabitova R. Z., Stepanova R. K., Yumagulova G. R., Yakovlev A. G. (2016) *Zhivotnye Bashkortostana: monografiya* [Animals of Bashkortostan: a monograph]. BashGU Publ., Ufa, Russia. 388 p. (In Russian).

Kuz'yakin A. P. (1962) Zoogeografiya SSSR. Biogeografiya [Zoogeography of the USSR. Biogeography]. *Uchenye zapiski Moskovskogo oblastnogo pedagogicheskogo instituta im. Krupskoi*, 109 (1). M., 182 p. (In Russian).

Maleeva A. G. (1983) K metodike paleoekologicheskogo analiza teriofauny pozdnego kainozoya [On the methodology of paleoecological analysis of the theriofauna of the Late Cenozoic]. *Istoriya i evolyutsiya sovremennoi fauny gryzunov SSSR*. Publ., M., 145–178 (In Russian).

Smirnov N. G., Bolshakov V. N., Kosintsev P. A., Panova N. K., Korobeinikov Yu. I., Olshvang V. N., Erokhin

N.G., Bykova G.V. (1990) Istoricheskaya ekologiya zhivotnykh gor Yuzhnogo Urala [Historical ecology of the animals of the mountains of the Southern Urals]. UrO AN SSSR. Sverdlovsk, Russia. 245 p. (In Russian).

Sukhov V.P. (1978) Pozdnepleistotsenovyie i golotsenovyie melkie pozvonochnye iz peshcher zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [Late Pleistocene and Holocene small vertebrates from the caves of the western slope of the Southern Urals]. K istorii pozdnego pleistotsena i golotsena Yuzhnogo Urala i Predural'ya. Ufa, Russia. 64–85. (In Russian).

Yakovlev A. G., Sabirzyanov I. R., Yakovleva T. I., Bakiev A. G. (2016) Vodyanoi uzh *Natrix tessellata* v Bashkortostane: pervoe dostovernoe mestoobitanie [Water snake *Natrix tessellata* in Bashkortostan: the first reliable habitat]. Samarskaya Luka: problemy regional'noi i global'noi ekologii. 25 (4), 90–93. (In Russian).

Yakovlev A. G., Yakovleva T. I. (2011a) Srednegolotsenovaya fauna melkikh pozvonochnykh iz mestonakhozhdeniya Kazyrbak (Yuzhnyi Ural) [Middle Holocene fauna of small vertebrates from the Kazyrbak locality (Southern Urals)]. Kvarter vo vsem ego raznoobrazii. Fundamental'nye problemy, itogi izucheniya i osnovnye napravleniya dal'neishikh issledovaniy: Materialy VII Vserossiiskogo soveshchaniya po izucheniyu chetvertichnogo perioda (Apatity, 12–17 sentyabrya 2011 g.) / RAN, otdelenie nauk o Zemle, Komissiya

po izucheniyu chetvertichnogo perioda, Geol. Institut KNTs RAN. Apatity, SPb. 1, 33–9341. (In Russian).

Yakovlev A. G., Yakovleva T. I. (2011b) Golotsenovyie zemnovodnye i presmykayushchiesya zapadnogo makrosklona Yuzhnogo Urala [Holocene amphibians and reptiles of the western macroslope of the Southern Urals]. Geologicheskii sbornik, (9). Yubileinyi vypusk / IG UNTs RAN. Ufa: DizainPoligrafServis. 91–94. (In Russian).

Yakovlev A. G., Yakovleva T. I. (2020) Golotsenovaya fauna melkikh pozvonochnykh iz mestonakhozhdeniya Sabakai — III (Geopark «Yangantau», Yuzhnyi Ural) [Holocene fauna of small vertebrates from the Sabakai — III locality (Yangantau Geopark, Southern Urals)] // Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geologii Bashkortostana, Urala i sopredel'nykh territoriy: Materialy i doklady / 13 — ya Mezhtseleynaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, Ufa, 20–22 maya 2020 g. Ufa: Mir pechati. 171–176. (In Russian).

Yakovlev A. G., Yakovleva T. I. (2022) Fauna melkikh pozvonochnykh (zemnovodnykh, presmykayushchikhsya i mlekopitayushchikh) iz pripoverkhnostnykh otlozheniy peshchernykh mestonakhozhdeniy v doline srednego techeniya r. Yuryuzan' (Yuzhnyi Ural) [Fauna of small vertebrates (amphibians, reptiles and mammals) from near — surface deposits of cave localities in the valley of the middle reaches of the Yuryuzan River (Southern Urals)]. Geologicheskii vestnik. (2), 103–113. (In Russian). DOI: 10.31084/2619–0087/2022-2-9

Сведения об авторах:

Яковлев Анатолий Германович, кандидат биологических наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. a_jakovlev@mail.ru.

Яковлева Татьяна Ивановна, кандидат биологических наук, Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, г. Уфа, tiy2@yandex.ru.

About the authors:

Yakovlev Anatoly Germanovich, Candidate of Biological Sciences, Institute of Geology — a separate structural subdivision of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. a_jakovlev@mail.ru.

Yakovleva Tatyana Ivanovna, Candidate of Biological Sciences, Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla, Ufa, tiy2@yandex.ru.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 15.05.2024; одобрена после рецензирования 19.05.2024; принята к публикации 22.07.2024.

The article was submitted 15.05.2024; approved after reviewing 19.05.2024; accepted for publication 22.07.2024.

Научная статья

УДК 551.72, 550.4, 549.086, 551.72

DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-5

МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД СТАРОПЕТРОВСКОЙ СВИТЫ ВЕРХНЕГО ВЕНДА В РАЗРЕЗЕ СКВАЖИНЫ 4 АСЛЫКУЛЬСКАЯ (ВОЛГО-УРАЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

С. А. Дьякова, Н. Д. Сергеева, Р. А. Гатауллин, Т. Р. Абдеев, М. Р. Лукманова

Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Уфа, riphey@ufaras.ru

В статье рассмотрены особенности вещественного состава песчаников старопетровской свиты верхнего венда, вскрытых скважиной 4 Аслыкульская Волго-Уральской области. По результатам петрографических исследований псаммиты старопетровской свиты соответствуют песчаникам полевошпат-кварцевым, мезомикто-кварцевым, реже мономинеральным кварцевым и собственно аркозам и грауваккам полевошпат-кварцевым и кварц-полевошпатовым. Минеральный состав тяжелой фракции песчаников свидетельствует о доминировании в источниках сноса метаморфических пород, меньше пород кислого, основного и ультраосновного состава. Впервые для отложений старопетровской свиты, наряду с литолого-петрографическими методами изучения пород в шлифах и количественно-минералогическим анализом тяжелой фракции проб-протокочек, было проведено исследование методом растровой электронной микроскопии в аншлифах. Это позволило определить в песчаниках ранее не диагностируемые минералы редкоземельных элементов (монацит и ксенотим). Дополнительная информация о минеральном и геохимическом составе пород старопетровской свиты в дальнейшем будет использована при реконструкции состава пород питающих провинций и условий формирования осадочного бассейна в вендское время.

Ключевые слова: старопетровская свита, венд, Волго-Уральская область, минералогия, петрография, геохимия, электронная микроскопия

Благодарности: Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 24-27-00311.

Original article

MINERALOGICAL, PETROGRAPHIC AND GEOCHEMICAL FEATURES OF THE ROCKS OF THE UPPER VENDIAN STAROPETROVSKAYA FORMATION IN THE SECTION OF WELL 4 ASLYKUL (VOLGA-URALIAN AREA)

S. A. Dyakova, N. D. Sergeeva, R. A. Gataullin, T. R. Abdeev, M. R. Lukmanova

Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, riphey@ufaras.ru

The article examines the features of the material composition of sandstones of the Staropetrovskaya Formation of the Upper Vendian, discovered in well 4 Aslykul in the Volga-Uralian area. According to the results of petrographic studies, the sandstones of the Staropetrovskaya Formation correspond to feldspathic-quartz, mesomicto-quartz, feldspathic-quartz greywackes and quartz-feldspathic greywackes,

Для цитирования: Дьякова С. А., Сергеева Н. Д., Гатауллин Р. А., Абдеев Т. Р., Лукманова М. Р. Минералого-петрографические и геохимические особенности пород старопетровской свиты верхнего венда в разрезе скважины 4 Аслыкульская (Волго-Уральская область) // Геологический вестник. 2024. № 2. С. 49–64. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-5

For citation: Dyakova S. A., Sergeeva N. D., Gataullin R. A., Abdeev T. R., Lukmanova M. R. (2024) Mineralogical, petrographic and geochemical features of the rocks of the Upper Vendian Staropetrovskaya Formation in the section of well 4 Aslykul (Volga-Uralian area). *Geologicheskii vestnik*. 2024. No. 2. P. 49–64. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-5

© С. А. Дьякова, Н. Д. Сергеева, Р. А. Гатауллин, Т. Р. Абдеев, М. Р. Лукманова, 2024

less frequently to monomineral quartz and arkoses proper. The mineral composition of the heavy fraction indicates the dominance of metamorphic rocks in the source area, with fewer rocks of felsic, basic and ultrabasic composition. For the first time, for deposits of the Staropetrovskaya Formation, along with lithological and petrographic methods for studying rocks in thin sections and quantitative and mineralogical analysis of the heavy fraction of crushed samples, a study was carried out using scanning electron microscopy in polished sections. This made it possible to identify rare earth element minerals (monazite and xenotime) in sandstones. Additional information on the mineral and geochemical composition of the rocks of the Staropetrovskaya Formation will be further used to reconstruct the composition of the feeding provinces and the conditions of the sedimentary basin in the Vendian time.

Keywords: Staropetrovskaya Formation, Vendian, Volga-Uralian area, mineralogy, petrography, geochemistry, electron microscopy

Acknowledgments: The work was supported by the Russian Science Foundation grant No. 24-27-00311.

Введение

Вендские отложения Волго-Уральской области (ВУО) развиты в пределах двух крупных впадин: Верхнекамской и Шкапово-Шиханской, разделенных Сарапульско-Яныбаевской седловиной. Особый интерес для изучения вызывает старопетровская свита каировской серии венда, так как еще в 1975 г. Н. П. Егоровой было указано на ее нефтидопроизводящие свойства (Литолого-петрографическая..., 1988ф). Затем в 1977 г. Н. А. Еременко и Г. П. Ованесов подтвердили выводы о нефтегазоматеринских свойствах шкаповской серии на основании палеогеографических условий (Закономерности..., 1977ф). Основные вопросы истории геологического развития Восточно-Европейской платформы в позднем венде рассматривались в работах Б. С. Соколова, Б. М. Келлера, Ю. Р. Беккера, Л. Ф. Солонцова, К. Р. Тимергазина, Е. М. Аксенова, В. И. Козлова, Н. Д. Сергеевой, Л. Д. Ожигановой, В. А. Романова, М. В. Ишерской и других. Вопросами нефтегазоносности вендских отложений занимались С. Г. Морозов, Н. С. Лагутенкова, И. Е. Постникова, Т. В. Иванова, Т. В. Карасева. Исследование вендских микрофоссилий было проведено И. К. Чепиковой [1971]. Анализ петрохимических особенностей терригенных пород венда выполнен в работах А. В. Маслова [2010, 2011].

Впервые старопетровская свита была выделена Л. Ф. Солонцовым в 1963 г. со стратотипом в скважине 5 Старопетровская в интервале глубин 2270–2434 м [Солонцов, 1963]. Свита представлена переслаиванием темно-серых и темно-зеленых гидрослюдистых аргиллитов, зеленовато-серых кварц-полевошпатовых и полевошпат-кварцевых алевролитов и песчаников, местами с глауконитом. Для пород свиты характерна микрослоистая и тонкослоистая текстуры флишеидного типа [Лозин, 2015].

Старопетровская свита согласно залегает на отложениях байкибашевской свиты, перекрывается породами шкаповской серии или девона [Ожиганова, 1960; Тимергазин, 1959]. Общая мощность свиты Волго-Уральской области достигает 465 м [Стратиграфическая схема, 2000]. Мощность свиты постепенно увеличивается от склонов Волго-Камского массива и Сарапульско-Красноуфимской седловины к осевой зоне впадины от первых метров до 220–400 м [Вендская система, 1985].

Целью данной работы является изучение особенностей минералого-петрографического и геохимического состава терригенных отложений старопетровской свиты на примере разреза скважины 4 Аслыкульская. Литолого-петрографические и минералогические исследования отложений проведены с целью уточнения существующих представлений об источниках сноса (о составе пород в области питания и ее местоположении) и обстановках формирования рассматриваемых отложений в регионе.

В статье использованы образцы керна пород старопетровской свиты каировской серии верхнего венда, вскрытые скважиной 4 Аслыкульская (Шкапово-Шиханская впадина). Выбор объекта исследования обусловлен тем обстоятельством, что породы старопетровской свиты пользуются наиболее широким распространением среди всего комплекса осадков верхнего венда ВУО и содержат многочисленные нефтегазопроявления. А в связи с тем, что получение кернового материала связано с некоторыми трудностями, так как значительная часть утрачена в силу разных причин: сокращение глубокого бурения в конце 90-х годов привело к ликвидации части управлений буровых работ и существовавших при них кернохранилищ. Особую ценность в этой ситуации представляют коллекционные материалы керна скважин, отобранные исследователями в 70–90 годы прошлого века, когда шло интен-

сивное бурение скважин в Волго-Уральском нефтегазоносном бассейне.

Материалы и методы

Образцы керна песчаников, алевролитов и аргиллитов по скважине 4 Аслыкульская отобраны из коллекции Н. Д. Сергеевой и В. И. Козлова (коллекция хранится в ИГ УФИЦ РАН, г. Уфа). Основными методами лабораторных исследований образцов были петрографический, минералогический, геохимический и электронно-микроскопический.

Петрографический анализ пород проведен с помощью метода оптической микроскопии на поляризационном микроскопе МИН-8. Кроме того в статье использованы петрографические материалы тематических исследований Лаборатории геотектоники и региональной геологии Института геологии УФИЦ РАН, выполненные под руководством В. И. Козлова (Козлов и др., 1985ф, 2008ф). Петрографическое описание пород старопетровской свиты дано на основе 25 шлифов.

Минералогический анализ, одним из основных методов которого является метод тяжелых фракций (искусственных шлихов), полученных из проб-протолок песчаников, алевролитов и гравелитов. Этот метод основан на выделении акцессорных минералов из раздробленных пород и включает специальные приемы сепарации и обогащения. Принципы метода известны давно и широко применяются для исследования как осадочных, так и магматических и метаморфических пород [Преображенский, Саркисян, 1954; Кухаренко, 1961].

Геохимические исследования включали в себя определение содержаний петрогенных оксидов и ряда элементов-примесей (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 общ., MnO , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , $\text{S}_{\text{общ}}$, P_2O_5 , V , Cr , Co , Ni , Cu , Zn , As , Rb , Sr , Y , Zr , Ba , Pb) в порошковых пробах с помощью рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) на спектрометре Xenometrix модели X-Calibur (Израиль), (Ag-анод, 15–50 кВ, 60–1000 мА), аналитик Юлдашбаева В. Ф. Предел обнаружения петрогенных оксидов 0.01–0.2 мас. %, редких элементов — 5–10 г/т (ИГ УФИЦ РАН, г. Уфа).

Электронно-микроскопическое изучение состава минералов проведено в аншлифах (3 образца с глубин 2598.4, 2621.5 и 2626.0 м) на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega 4 Compact с энерго-дисперсионным анализатором Xplorer 15 Oxford Instruments (ИГ УФИЦ РАН, Уфа).

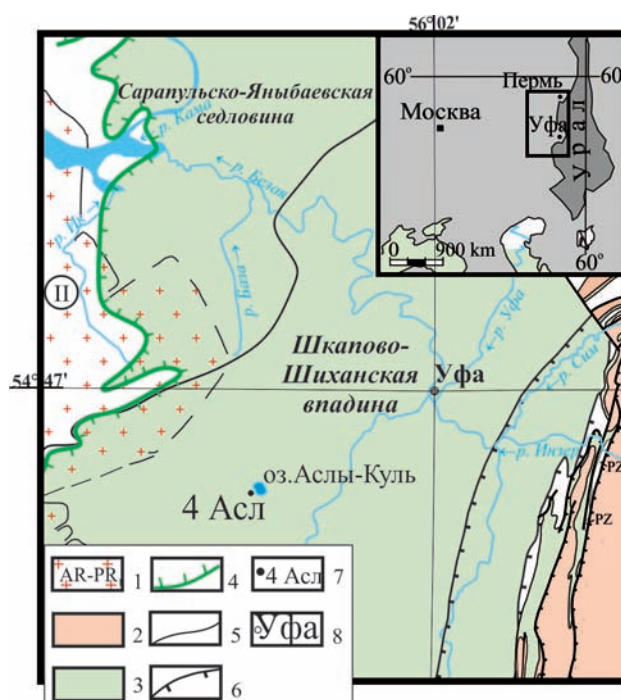


Рис. 1. Обзорная карта распространения вендских отложений в пределах Волго-Уральской области, по [Башкова и др., 2011; Козлова и др., 2020]

Условные обозначения: 1–3 – отложения: 1 – архея – раннего протерозоя, 2 – рифея, 3 – венда; 4–6 – границы: 4 – распространения вендских отложений, 5 – стратиграфические, 6 – тектонические; 7 – местоположение скважины; 8 – населенные пункты.

Fig. 1. Overview map of the distribution of Vendian deposits within the Volga-Uralian area, according to [Bashkova et al., 2011; Kozlova et al., 2020]

Legend: 1–3 – deposits: 1 – Archean – Early Proterozoic, 2 – Riphean, 3 – Vendian; 4–6 – boundaries: 4 – distribution of Vendian deposits, 5 – stratigraphic, 6 – tectonic; 7 – location of wells; 8 – settlements.

Геологическая характеристика объекта исследования

Параметрическая скважина 4 Аслыкульская расположена в районе оз. Аслы-Куль, в 110 км юго-западнее г. Уфы (рис. 1). Скважина пробурена в своде Бурангуловского сейсмического поднятия, выявленного методом ОГТ сейсмопартией «Башнефтегеофизика». При стратиграфической интерпретации разреза скважины использована Стратиграфическая схема рифейских и вендских отложений Волго-Уральской области [2000], но с дополнениями и изменениями [Сергеева и др., 2021].

Отложения старопетровской свиты в разрезе скважины 4 Аслыкульская (рис. 2) выделены в интервале глубин 2550–2725 м и представлены аргиллитами зеленовато-серыми, темно-серыми до черных, тонкослоистыми, тонкоплитчатыми, часто слюдистыми с переменной примесью (от 2 – 3 до 35 – 40%) алевритового, реже псаммитового материала.

Подчинены прослои светло-серых алевролитов и песчаников полевошпат-кварцевого, аркозового и полимиктового состава. Наблюдаемая в породах слоистость — параллельная, слабо волнистая, интервалами линзовидно-слоистая — обусловлена присутствием тонких (от долей мм до 1 – 1.5 – 5 см) серых и светло-серых прослоев алевролитов, реже песчаников. В основании разреза свиты присутствуют часто выклинивающиеся прослои (мощностью от 0.3 до 0.8 см) серых и буровато-серых песчаников, содержащих единичные полуокатанные зерна гравийной размерности (0.2 см). Мощность свиты в скважине 4 Аслыкульская — 175 м.

Петрографическая характеристика

В результате петрографических исследований уточнен вещественный состав и текстурно-структурные признаки пород. Отложения старопетровской свиты по составу неоднородные.

Глинистые и слюдисто-глинистые аргиллиты в основании свиты часто алевритистые (от 5 до 25%) или алевритовые (30 – 35%). Структура пород бластопелитовая или алевро (алеверитисто) бластопелитовая. Состав основной ткани хлоритовый, хлорит-гидрослюдистый и реже — гидрослюдистый. Основная ткань слегка замутнена лейкоксеном и рудным минералом, часто содержит включения (от редких знаков до 3 – 5, реже до 10%) ожелезненного, реже гидратизированного глауконита в виде «сыпи» и «крапа» (размерностью от 0.01 – 0.02 до 0.05 – 0.06 мм). Часто в глинистых прослойках присутствует примесь (от 3 – 5 до 10 – 12%) гидратированных светло-коричневых тонких листочков (0.2 – 0.3 см) биотита, часто замещенного хлоритом, иногда лейкоксенизированным рудным минералом или окислами (гидроокислами) железа. Примесь алевритовых, реже псаммитовых зерен (от 0.02 до 0.05 мм и реже до 0.07 – 0.1 мм) представлена большей частью кварцем, реже зернами кислого плагиоклаза, глинизированными сильно корродированными цементом. Аллотигенные зерна обычно растащены и неравномерно разобщены глинистым цементом.

Полевошпат-кварцевые песчаники в нижней части свиты тонкослоистые с псаммитовой, в отдельных прослойках с алевритовой или алевропсаммитовой структурами. Песчаники тонко-, реже мелкозернистые и вверх по разрезу постепенно переходят от плохо сортированных до хорошо сортированных разностей. Аллотигенные зерна изометричные, таблитчатые, овальные и сглаженно-угловатые, окатанные и полуокатанные. Состав песчаников Na-полевошпат-кварцевый, реже слюдисто-полевошпат-кварцевый. Содержание кварца в них составляет 80 – 88%, кислого плагиоклаза (обычно слабо пелитизированного, неравномерно глинизированного, иногда замещенного хлоритом) — от 10 – 12 до 15 – 16%, присутствует светло-коричневый биотит, часто замещенный хлоритом и реже псевдоморфно замещенный рудным минералом от 2 – 5 до 7 – 8% и глауконит, обычно замещенный железистым минералом от редких зерен до 1 – 3%. Отмечаются редкие лейкоксенизированные зерна сфена, рутила и ильменита, единичные зерна селадонита, циркона, граната и турмалина, а также литокласты кварцевого алевролита, сростков кварца, кварца с полевым шпатом.

Полимиктовые песчаники разнозернистые (тонко- и мелкозернистые), хорошо сортированные. Аллотигенные зерна округлой, овальной, таблитчатой, призматической формы, состоят из кварца (35 – 40%), кислого плагиоклаза (22 – 25%), микроклина (1 – 3%), обломков пород, в основном вулканогенных (25 – 28%), редких литокластов кремней и кварцевых алевролитов, листочков гидратизированного биотита — от редких зерен до 1 – 3%, присутствуют лейкоксенизированные титанистые минералы (сфен, рутил, титанит, ильменит), магнетит, часто окисленный, сростки кварца, кварца с плагиоклазом или плагиоклаза с эпидотом, изометричные голубовато-зеленые листочки слюды, эпидота, единичные зерна граната и циркона.

Алевролиты имеют слюдисто-Na-полевошпат-кварцевый состав. Породы средне- и крупнозернистые, плохо и среднесортированные, с высоким содержанием плагиоклаза (13 – 18%) и обломочных слюд (от 5 – 7% до 12 – 15%). У контакта со слюдисто-глинистыми аргиллитами отмечаются тонкие слойки, обогащенные минералами тяжелой фракции (в основном лейкоксенизированными титанистыми минералами, с примесью магнетита и единичных зерен циркона, граната, редко турмалина). В верхней части разреза в алевролитах отмечается постепенное увеличение

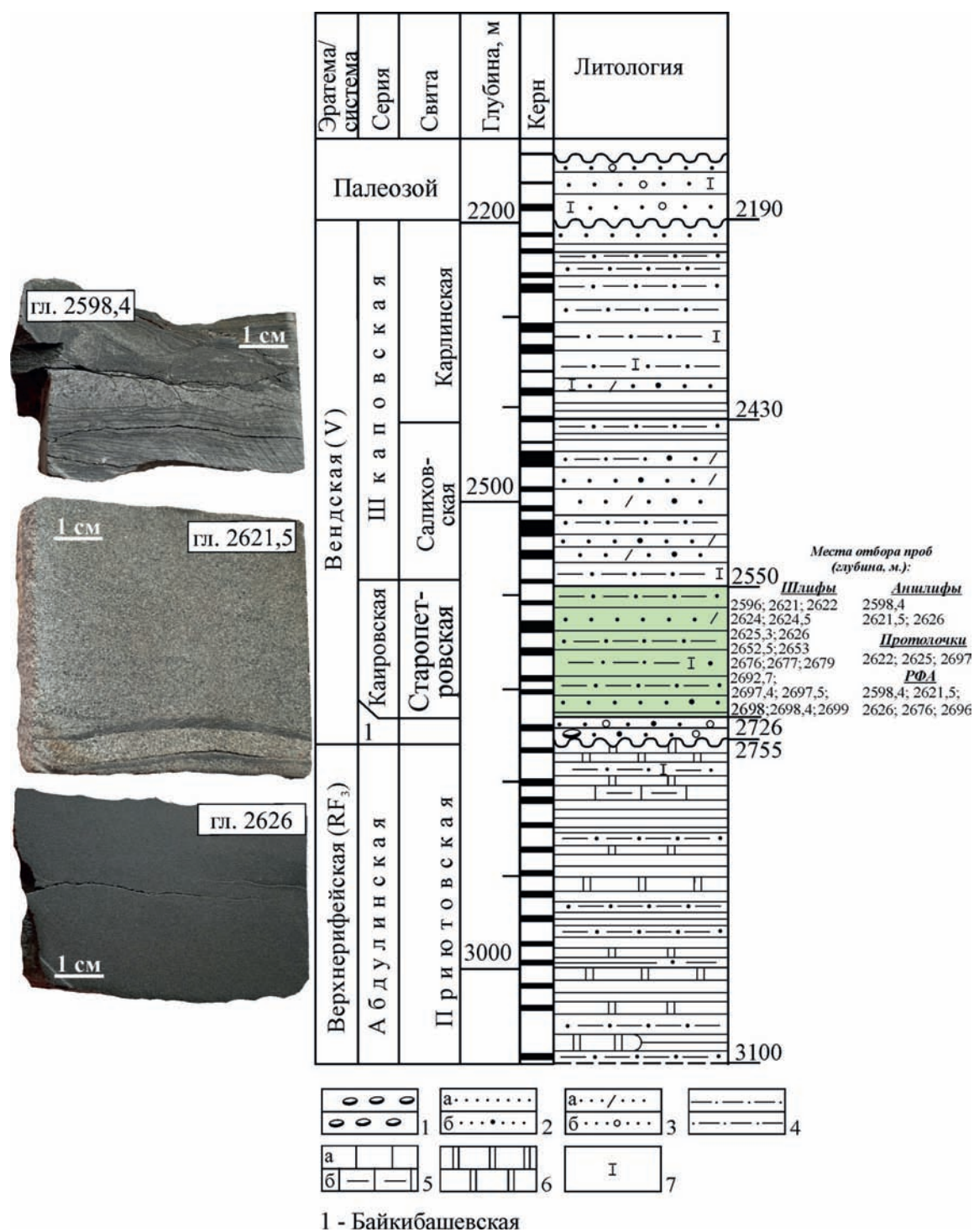


Рис. 2. Фрагмент разреза верхнедокембрийских отложений по скважине 4 Аслыкульская, по [Козлов, 2011; Сергеева и др., 2021]

Условные обозначения: 1 – конгломераты; 2–3 – песчаники: 2 – кварцевые (а) и полевошпат-кварцевые (б); 3 – полимиктовые (а) и гравийные (б); 4 – алевролиты; 5 – известняки кристаллические (а) и глинистые (б); 6 – доломиты; 7 – кальцитизация.

Fig. 2. Fragment of the section of Upper Precambrian deposits along well 4 Aslykul, according to [Kozlov, 2011; Sergeeva et al., 2021]

Legend: 1 – conglomerates; 2–3 – sandstones: 2 – quartz (a) and feldspar-quartz (b); 3 – polymictic (a) and gravel (b); 4 – siltstones; 5 – crystalline limestones (a) and clay (b); 6 – dolomites; 7 – calcification.

полевых шпатов и снижения глинистого цемента (от 30–40 до 10–12%). Переход полевошпат-кварцевых алевролитов и песчаников в полимиктовые разности резкий.

На основе данных минералогического состава песчаников старопетровской свиты венда Волго-Уральской области построена классификационная QFL-диаграмма В. Д. Шутова [1972] (рис. 3).

Фигуративные точки состава песчаников старопетровской свиты в основном сосредоточены в полях полевошпат-кварцевых, мезомикто-кварцевых, полевошпат-кварцевых граувакк и кварц-полевошпатовых граувакк. Единичные фигуративные точки попали в области мономинеральных кварцевых разностей и собственно аркозов (рис. 3).

Минералогическая характеристика

Результаты количественно-минералогического анализа искусственных шлихов песчаников старопетровской свиты в разрезе скважины 4 Аслыкульская приведены в таблице 1, где шлиховые минералы по генетическому признаку подразделены на кластогенные и аутигенные. Содержание минералов в пробе выражено в граммах на тонну (г/т). Как следует из таблицы, в составе тяжелой фракции песчаников преобладают минералы-спутники метаморфических пород (гранат, лейкоксен, рутил, анатаз), а также пород кислого состава — циркон, группа слюд, апатит, турмалин. В подчиненном количестве присутствуют минералы-спутники пород основного и ультраосновного состава (магнетит, ильменит, хромшпинелиды, ильменито-рутил). Из аутигенных минералов значительным содержанием выделяются хлорит, пирит, гематит, лимонит. Хотя охарактеризованы отложения малым количеством минералогических проб, они дают некоторые общие представления о составе пород питающих провинций.

Среди минералов тяжелой фракции в песчаниках старопетровской свиты в скважине 4 Аслыкульская особую роль играют циркон, апатит, турмалин, рутил и гранат. Эти минералы составляют значительную часть тяжелой фракции и обладают характерными типоморфными признаками.

Гранат представлен угловатыми обломками неправильной формы со ступенчатым рельефом граней. Иногда зерна могут иметь скелетные облик. Окраска граната чаще розовая с красноватым или лиловым оттенками, единично встречаются темно-розовые разности. Размер зерен варьирует от 0.1*0.1–0.15*0.15 мм до 0.27*0.5 мм.

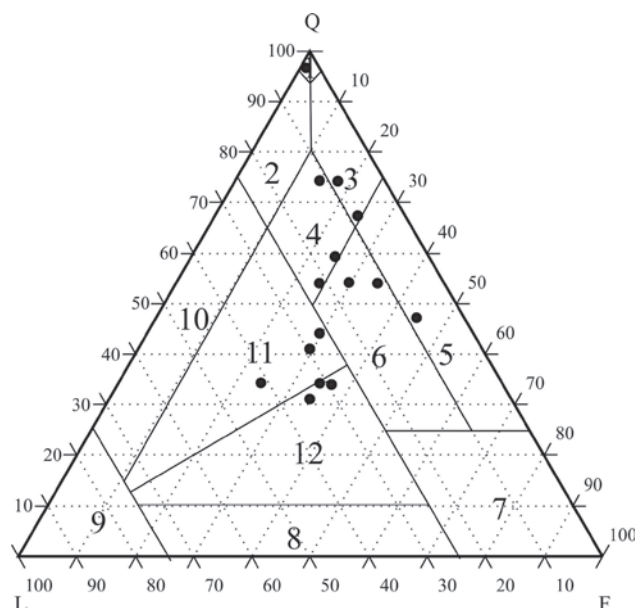


Рис. 3. Классификационная диаграмма [Шутов, 1972] с нанесенными на нее фигуративными точками минерального состава песчаников старопетровской свиты

Условные обозначения: – Q – кварц, F – полевые шпаты, L – литокласты; 1 – мономинеральные кварцевые, 2 – кремнекластито-кварцевые, 3 – полевошпат-кварцевые, 4 – мезомиктовые, 5 – собственно аркозовые, 6 – граувакковые аркозы, 7 – поле пород не терригенного происхождения, 8 – полевошпатовые граувакки, 9 – собственно граувакки, 10 – кварцевые граувакки, 11 – полевошпатово-кварцевые граувакки, 12 – кварцево-полевошпатовые граувакки.

Fig. 3. Classification diagram [Shutov, 1972] with the data points of sandstones of mineral composition of the Staropetrovskaya formation

Legend for: Q – quartz, F – feldspars, L – rock fragments; 1 – monomineral quartz, 2 – siliciclastic-quartz, 3 – feldspar-quartz, 4 – mesomictic, 5 – arkose proper, 6 – greywacke arkoses, 7 – the field of rocks are not of terrigenous origin, 8 – feldspar greywackes, 9 – greywacke proper, 10 – quartz greywackes, 11 – feldspar-quartz greywackes, 12 – quartz-feldspar greywackes.

Циркон наблюдается в виде хорошо окатанных зерен, реже кристаллов цирконового и копьевидного облика, но со сглаженными ребрами. Цвет цирконов бледно-розовый, почти бесцветный. Размеры 0.015*0.1 мм — 0.075*0.15 мм. 0.1*0.1 мм.

Апатит встречается в виде хорошо окатанных бесцветных зерен или кристаллов со сглаженными ребрами. Размеры 0.015*0.075 мм — 0.1*0.2 мм.

Рутил представлен окатанными и полуокатанными зернами вытянутой или неправильной формы. Окраска чаще темно коричневая с красноватым оттенком, редко встречаются черные разности. Размеры 0.01*0.01 мм, 0.1*0.25 мм, 0.15–0.25 мм.

Турмалин присутствует в виде хорошо окатанных зерен и реже кристаллов, окраска минерала коричневая. Размеры от 0.1*0.25 до 0.15*0.15 мм.

Основные акцессорные минералы образуют в породах старопетровской свиты верхнего венда существенно — гранатовую ассоциацию. Основным источником кластики, исходя из значительного содержания граната и эпидота, послужили метаморфические породы, меньше породы кислого, основного и ультраосновного состава.

Вендский период ознаменован развитием и сменой палеогеографических обстановок в пределах Восточно-Европейской платформы. Формирование осадков старопетровской свиты, по мнению Е. М. Аксенова [Вендская система, 1985], происходило в мелководно — морских условиях, о чем свидетельствуют текстурные особенности пород (присутствие тонкой горизонтальной, слабоболнистой и косо́й слоистости) и аутигенная минерализация (наличие глауконита, гидрослюд, барита, гематит). Наличие гематита исследователи связывают с переносом в осадочный бассейн эоловым путем пеплового материала, богатого железом, фосфором, свинцом и другими микроэлементами. При этом в некоторых участках морского дна,

куда не поступал грубый терригенный материал, существовали застойные условия со слабым гидродинамическим режимом, где происходило накопление осадков с повышенным содержанием аутигенного пирита.

Геохимические особенности

Современные геохимические исследования осадочных пород, включающие определение содержания основных породообразующих оксидов и редких элементов, дополняют информацию о характере источников сноса и позволяют провести реконструкцию геодинамических обстановок, что может быть использовано в комплексе с другими данными при интерпретации петрофонда в области сноса. Первые результаты определения петрохимических особенностей песчаников старопетровской свиты венда скважины 4 Аслыкульская, опубликованные А. В. Масловым [2011], основаны на небольшом интервале опробования с глубин 2620–2625 м.

Таблица 1 Содержание (г/т) минералов тяжелой фракции в отложениях старопетровской свиты (скв. 4 Аслыкульская)

Table 1 Content (g/t) of heavy fraction minerals in sediments of the Staropetrovskaya formation (well 4 Aslykul)

Глубина, м	2622	2625	2697	Среднее значение
<i>Минералы кластогенные</i>				
Циркон	6	9	203	73
Апатит	8	9	+	6
Турмалин	+	+	+	+
Группа слюд	238	44	1667	650
Магнетит	-	-	+	+
Хромшпинелиды	+	+	-	+
Рутил	2	2	14	6
Ана́таз (брукит)	3	+	+	1
Лейкоксен	32	2	+	11
Ильмено-рутил	-	-	28	9
Группа граната	127	208	2713	1016
Эпидот	-	-	268	89
<i>Аутигенные</i>				
Пирит (марказит)	+	+	28	9
Глауконит	+	+	+	+
Хлорит	-	308	-	103
Гематит (мартит)	+	+	14	7

Примечание: (+) – минерал присутствует как редкие зерна.
Note: (+) – the mineral is present as rare grains.

Таблица 2. Содержание породообразующих оксидов и редких элементов в песчаниках старопетровской свиты, скважина 4 Аслыкульская (мас. %)
Table 2. The content of rock-forming and rare elements in the sandstones of the Staropetrovskaya formation, well 4 Aslykul (mas. %)

Компонент	Глубина, м				
	2598.4	2621.5	2626	2676	2696
SiO ₂	63.355	69.232	63.816	62.219	57.216
TiO ₂	0.762	0.504	0.845	0.834	1.248
Al ₂ O ₃	17.240	14.973	16.510	15.817	15.275
Fe ₂ O ₃ общ	5.183	4.024	6.840	6.569	7.929
MnO	0.131	0.071	0.058	0.079	0.099
CaO	1.866	1.877	0.653	2.069	1.520
MgO	2.218	1.549	2.420	2.853	3.175
Na ₂ O	1.843	2.518	1.672	2.002	2.682
K ₂ O	3.253	1.718	2.839	2.058	2.511
P ₂ O ₅	<0.0402	<0.0402	0.163	0.088	0.110
S _{общ}	0.148	0.136	0.447	0.881	1.903
ППП	4.112	3.587	4.382	4.548	6.599
V	0.0103	0.0036	0.0127	0.0094	0.0203
Cr	0.0089	0.0044	0.0086	0.0098	0.0208
Co	0.0019	0.0011	0.0029	0.0032	-
Ni	0.0045	0.0036	0.0056	0.0047	0.0050
Cu	0.0034	0.0038	0.0091	0.0029	0.0027
Zn	0.0095	0.0082	0.01	0.0085	0.0084
Rb	0.0121	0.0067	0.0108	0.0068	0.0067
Sr	0.0135	0.0101	0.0107	0.0194	0.0203
Y	0.0032	0.0019	0.0031	0.0021	-
Zr	0.0239	0.0141	0.0204	0.0258	0.0790
Nb	0.0016	0.0011	0.0017	0.0012	-
Ba	0.0332	0.0163	0.042	0.0388	0.0672
Pb	0.0016	0.001	0.001	0.0017	0.0014
La	0.0075	0.0039	0.0033	0.0038	-
Ce	0.0063	0.0051	0.0051	0.006	-
Сумма	100.111	100.189	100.642	100.016	100.266

Примечание. Прочерк – нет данных.
 Note. Dash – no data.

В данной работе геохимические особенности песчаников охарактеризованы на основе 5 химических анализов породообразующих оксидов и редких элементов, все расчеты по породообразующим оксидам здесь и ниже даются в мас. % (табл. 2). Содержание оксидов варьирует в широких пределах: $\text{SiO}_2 = 57.2\text{--}69.2$, $\text{Fe}_2\text{O}_3_{\text{общ}} = 4.0\text{--}6.8$, $\text{MgO} = 1.5\text{--}2.8$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 14.5\text{--}17.2$, $\text{Na}_2\text{O} = 1.5\text{--}3.8$, $\text{K}_2\text{O} = 1.7\text{--}2.89$ мас. %.

На классификационной диаграмме [Pettijohn et al., 1972], разделяющей основные типы песчаников по химическому составу, фигуративные точки песчаников старопетровской свиты расположены в полях граувакк и литаренитов (рис. 4А).

Для определения климатических обстановок в области сноса и степени зрелости осадочных пород в работе использованы петрохимические индексы: CIA — индекс химического изменения пород питающей провинции [Nesbitt, Young, 1982], ICV — индекс зрелости осадков [Cox, Lowe, 1995]. Индекс CIA вычисляется по формуле $(\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} * + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})) \times 100$ и применяется в качестве показателя степени выветривания пород в области размыва. Значение CIA = 70 разделяет отложения, испытавшие незначительное влияние процессов химического выветривания (CIA < 70), от отложений, претерпевших существенное химическое выветривание (CIA > 70). Индекс ICV служит индикатором степени зрелости поступающего материала. О низкой степени зрелости,

т. е. быстром захоронении и коротком расстоянии переноса обломочного материала, говорят значения $\text{ICV} > 1$, предполагающие сохранность таких неглинистых породообразующих минералов, как полевые шпаты, амфиболы, пироксены и т. д. Более зрелые осадочные породы, состоящие в основном из глинистых минералов, имеют значение $\text{ICV} < 1$.

Песчаники старопетровской свиты исходя из полученных значений индексов, имеют интенсивную степень выветривания пород питающей провинции и, как результат, формирование зрелых осадков (см. рис. 4Б). Одна из фигуративных точек (образец с гл. 2696) попала в область незрелых осадков. Можно предположить, что это связано с близостью к подстилающим отложениям байкибашевской свиты, сложенным аркозовыми песчаниками, отражающими незрелость осадков. Нахождение таких песчаников в основании старопетровской свиты служит свидетельством о постепенном переходе между свитами.

Применение растровой электронной микроскопии (РЭМ) позволило не только уточнить химический состав и кристаллохимические особенности основных (породообразующих кластогенных и аутигенных) и аксессуарных минералов, но и обнаружить минералы, ранее не отмечавшиеся в отложениях старопетровской свиты венда. В их числе барит и минералы редкоземельных элементов (монацит и ксенотим).

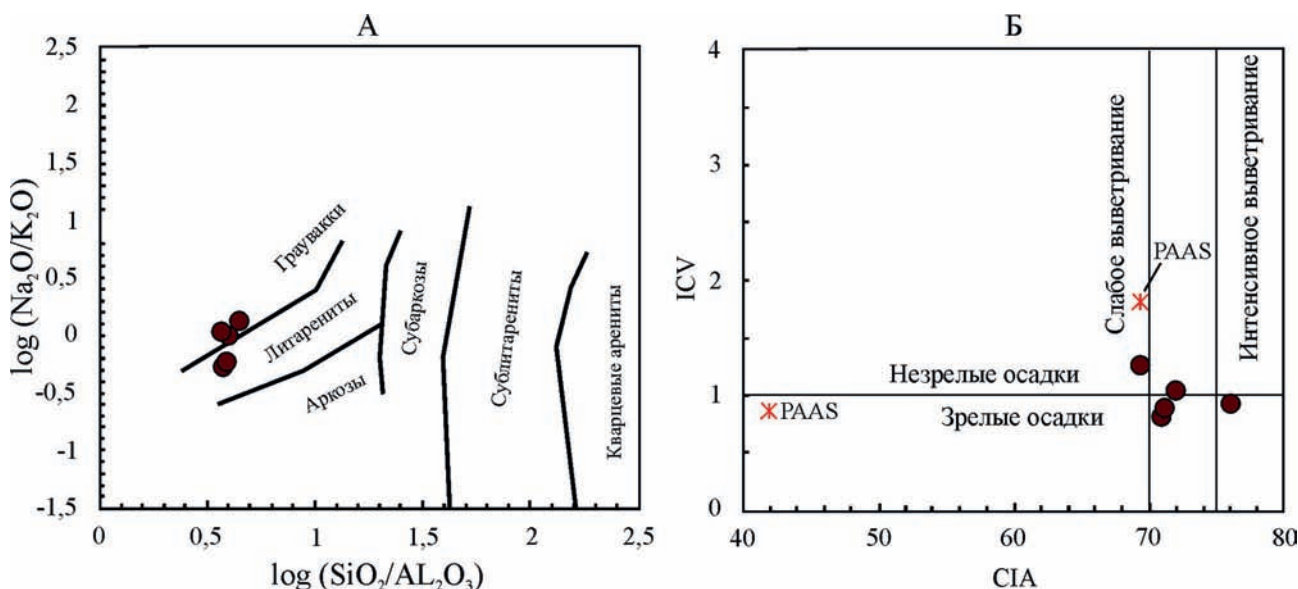


Рис. 4. Классификационная диаграмма для песчаников (А) по [Pettijohn et al., 1972] и диаграмма CIA-ICV (Б) по [Cox, Lowe, 1995; Nesbitt, Young, 1982]

Fig. 4. Classification diagram for sandstones (A) according to [Pettijohn et al., 1972] and CIA-ICV diagram (B) according to [Cox, Lowe, 1995; Nesbitt, Young, 1982]

Основные породообразующие минералы включают кварц, плагиоклаз и калиевый полевой шпат (рис. 5). Минералы группы плагиоклаза представлены альбитом, в качестве примесей в котором отмечены кальций (0.53 мас. %) и железо (0.35 мас. %). Среди минералов группы калиевых полевых шпатов присутствует ортоклаз (табл. 3).

Аутигенные минералы представлены Фехлоритом, пиритом и баритом (см. табл. 3).

Пирит встречается в виде стяжений, имеющих округлую шаровидную форму и заполняющих

разуплотненные зоны породы (трещины) или наблюдается в виде точечных обособлений на зернах хлорита (см. рис. 5).

Для барита характерно заполнение межзерновых пространств, свидетельствующее о более позднем времени образования барита в песчаниках. (см. рис. 5).

Минералы редкоземельных элементов и РЗЭ-содержащие представляют особый интерес. Среди них установлены — циркон, ксенотим и монацит (рис. 6).

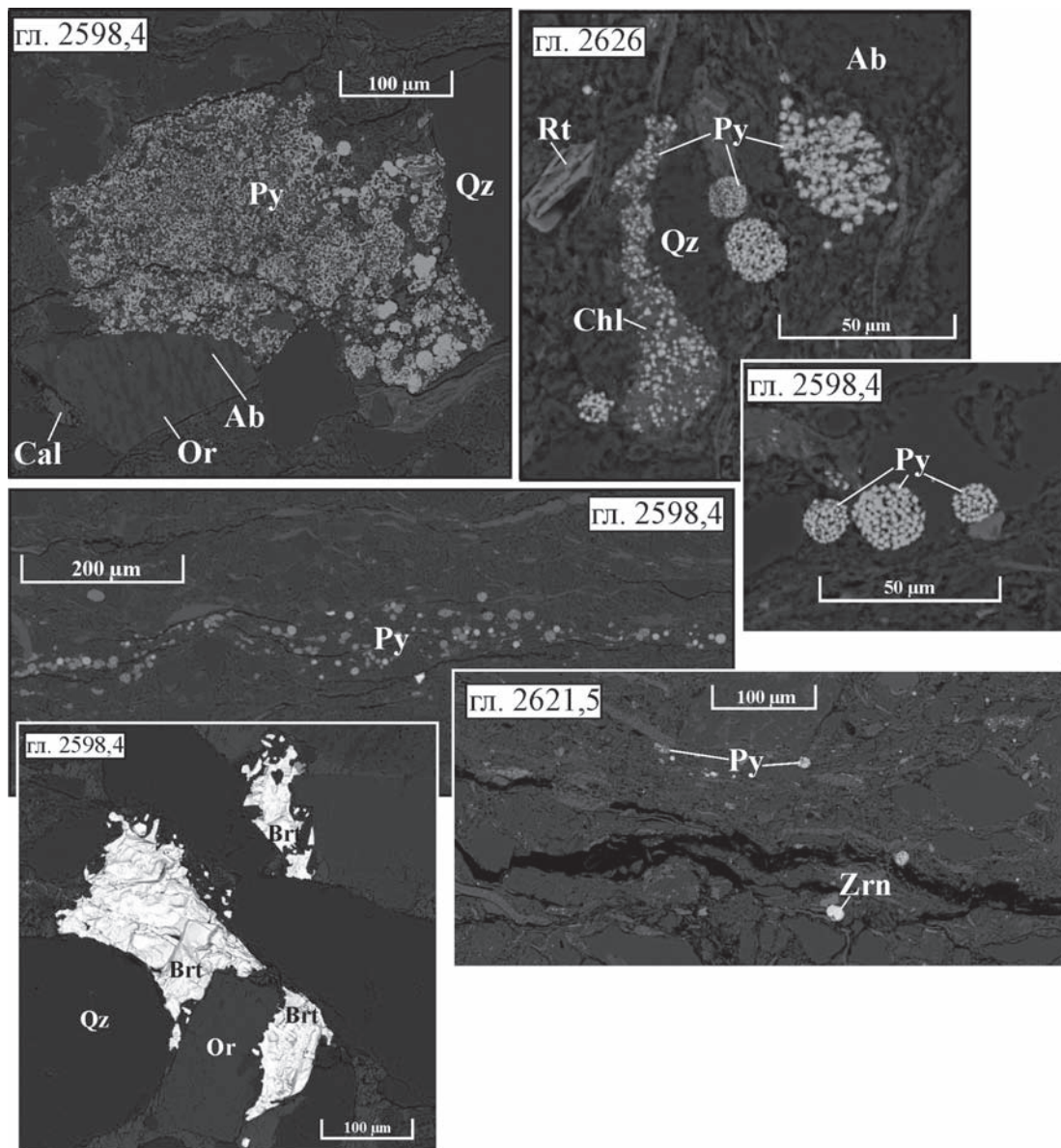


Рис. 5. Основные кластогенные и аутигенные минералы в песчаниках старопетровской свиты (РЭМ)

Ab – альбит, Brt – барит, Cal – кальцит, Chl – хлорит, Or – ортоклаз, Py – пирит, Qz – кварц, Rt – рутил, Zrn – циркон.

Fig. 5. Main clastogenic and authigenic minerals in sandstones of the Staropetrovskaya Formation (SEM)

Ab – albite, Brt – barite, Cal – calcite, Chl – chlorite, Or – orthoclase, Py – pyrite, Qz – quartz, Rt – rutile, Zrn – zircon.

Таблица 3. Химический состав основных породообразующих и вторичных минералов в песчаниках старопетровской свиты (мас. %)

Table 3. Chemical composition of the main rock-forming and secondary minerals in the sandstones of the Staropetrovskaya Formation (wt%)

№ п/п	1	2	3	4	5
Na ₂ O	10.78	K ₂ O	16.02	FeO	30.07
K ₂ O	0.13	Na ₂ O	0.54	MgO	9.17
CaO	0.64	BaO	0.77	K ₂ O	1.12
FeO	0.18	FeO	0.19	CaO	0.17
SiO ₂	68.43	SiO ₂	64.67	TiO ₂	0.99
Al ₂ O ₃	19.79	Al ₂ O ₃	18.80	MnO	0.24
Сумма	99.95	Сумма	100.99	SiO ₂	27.82
				Al ₂ O ₃	17.84
				H ₂ O	12.58
				Сумма	100

1. Na_{0.974}K_{0.003}Ca_{0.018}Fe_{0.005} (Al_{0.254}Si_{0.746})₄O₈ альбит
 2. K_{0.942}Na_{0.048}Ba_{0.007}Fe_{0.006} (Al_{0.255}Si_{0.745})₄O₈ ортоклаз
 3. (Fe_{0.6}Mg_{0.326}K_{0.035}Ca_{0.046}Ti_{0.018}Mn_{0.004})₅Al (Si_{0.712}Al_{0.288})₄O₁₀ (OH, O)₈ хлорит
 4. Fe_{0.991}Ni_{0.03}S_{2.006} пирит
 5. Ba_{0.995}Sr_{0.005}SO₄ барит

Таблица 4. Химический состав (мас. %) цирконов из песчаников старопетровской свиты
Table 4. Chemical composition (wt %) zircons from sandstones of the Staropetrovskaya Formation

№ п/п	SiO ₂	FeO	ZrO ₂	HfO ₂	Nb ₂ O ₅	Сумма
1.	32.05	-	67.1	1.45	-	100.60
2.	30.85	-	63.78	2.05	1.69	98.37
3.	32.5	0.25	63.54	1.35	1.75	99.39

1. Zr_{1.021}Hf_{0.013}SiO₄ циркон
 2. Zr_{1.008}Hf_{0.019}Nb_{0.025}SiO₄ циркон
 3. Zr_{0.954}Hf_{0.012}Fe_{0.007}Nb_{0.025}SiO₄ циркон

Таблица 5. Химический состав (мас. %) монацита и ксенотима в песчаниках старопетровской свиты
Table 5. Chemical composition (mas. wt %) monazite and xenotima in the sandstones of the Staropetrovskaya Formation

№	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	CaO	FeO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	PbO ₂	ThO ₂	Сумма
1.	-	1.05	29.26	0.81	-	7.63	26.71	3.72	15.87	2.73	2	-	8.62	98.39
2.	0.39	3.2	18.57	0.64	0.64	13.03	24.47	2.47	8.07	1.36	0.74	0.93	13.1	87.6
3.	0.59	4.67	26.59	0.84	0.48	13.44	24.71	2.47	8.16	1.48	0.85	1.39	14.34	100
	SiO ₂	P ₂ O ₅	CaO	Sc ₂ O ₃	FeO	Y ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	Dy ₂ O ₃	Ho ₂ O ₃	Er ₂ O ₃	Tm ₂ O ₃	Yb ₂ O ₃	Lu ₂ O ₃	Всего
4.	1.41	32.4	-	-	0.46	45.75	1.9	4.71	1.08	4.95	0.75	5.34	0.71	99.46
5.	2.98	32.13	0.38	0.19	1.11	43.91	1.45	4.29	1.15	4.58	0.69	5.18	-	98.02

1. Ce_{0.401}La_{0.115}Pr_{0.055}Nd_{0.232}Sm_{0.038}Gd_{0.027}Th_{0.08}Ca_{0.036}[P_{1.015}O₄] монацит
 2. Ce_{0.461}La_{0.247}Pr_{0.046}Nd_{0.148}Sm_{0.024}Gd_{0.013}Pb_{0.013}Th_{0.153}Ca_{0.035}Al_{0.023}[P_{0.808}O₄] монацит
 3. Ce_{0.387}La_{0.212}Pr_{0.038}Nd_{0.125}Sm_{0.022}Gd_{0.012}Pb_{0.016}Th_{0.14}Ca_{0.039}Al_{0.03}[P_{0.963}O₄] монацит
 4. Y_{0.835}Gd_{0.022}Dy_{0.052}Ho_{0.012}Er_{0.053}Tm_{0.008}Yb_{0.056}Lu_{0.007}[P_{0.941}O₄] ксенотим
 5. Y_{0.813}Gd_{0.017}Dy_{0.048}Ho_{0.012}Er_{0.05}Tm_{0.007}Yb_{0.055}Sc_{0.006}Ca_{0.0014}[P_{0.946}O₄] ксенотим

Циркон встречается в виде округлых зерен или кристаллов со сглаженными гранями. Необходимо отметить довольно крупные размеры зерен (до 100 мкм). В большинстве цирконов в изображении РЭМ наблюдаются следы изменений и деформаций, выраженные в повышенной трещиноватости, в нарушенной прерывистой первичной зональности роста. Для некоторых зерен обнаружена внутрифазовая неоднородность, представленная ритмичной зональностью (см. рис. 6, гл. 2598.4). Для всех цирконов характерно значительное количество гафния (от 0.69 до 2.05 мас. %) и ниобия (до 1.75 мас. %), в редких случаях отмечаются скандий, иттербий, гадолиний, диспрозий, эрбий.

Впервые установленными минералами-концентраторами легких редкоземельных элементов в отложениях старопетровской свиты являются Се-монацит, а тяжелых — У-ксенотим (рис. 7, табл. 5). Размеры зерен этих минералов варьируют от 5 – 10 мкм до 50 мкм. Предположительно, источником РЗЭ-минералов могли послужить размывающиеся комплексы пород кристаллического фундамента (Татарский свод).

Из числа *рудных минералов* в песчаниках старопетровской свиты установлен сфалерит (рис. 8), усредненная формула которого — $Zn_{0.94}Fe_{0.02}S$. Различные формы выделения сфалерита, заполняющего межзерновые пространства, свидетельствуют о его эпигенетическом образовании.

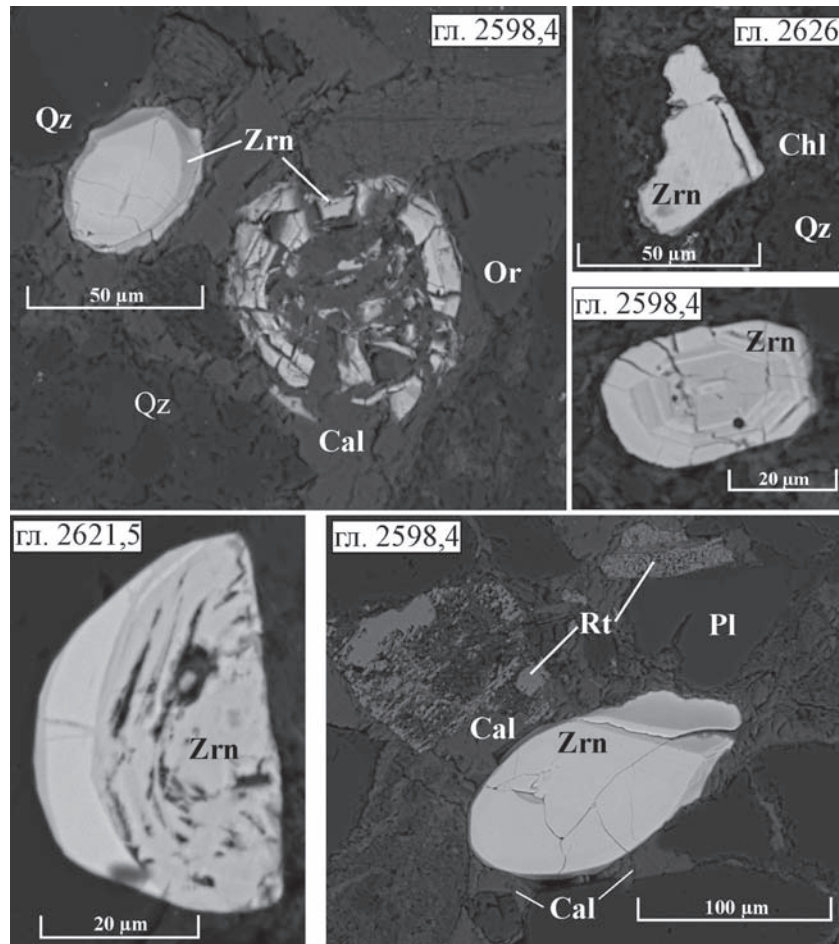


Рис. 6. Морфология зерен циркона в песчаниках старопетровской свиты (РЭМ)

Cal – кальцит, Chl – хлорит, Or – ортоклаз, Pl – плагиоклаз, Qz – кварц, Rt – рутил, Zrn – циркон.

Fig. 6. Morphology of zircon grains in sandstones of the Staropetrovskaya Formation (SEM)

Cal – calcite, Chl – chlorite, Or – orthoclase, Pl – plagioclase, Qz – quartz, Rt – rutile, Zrn – zircon.

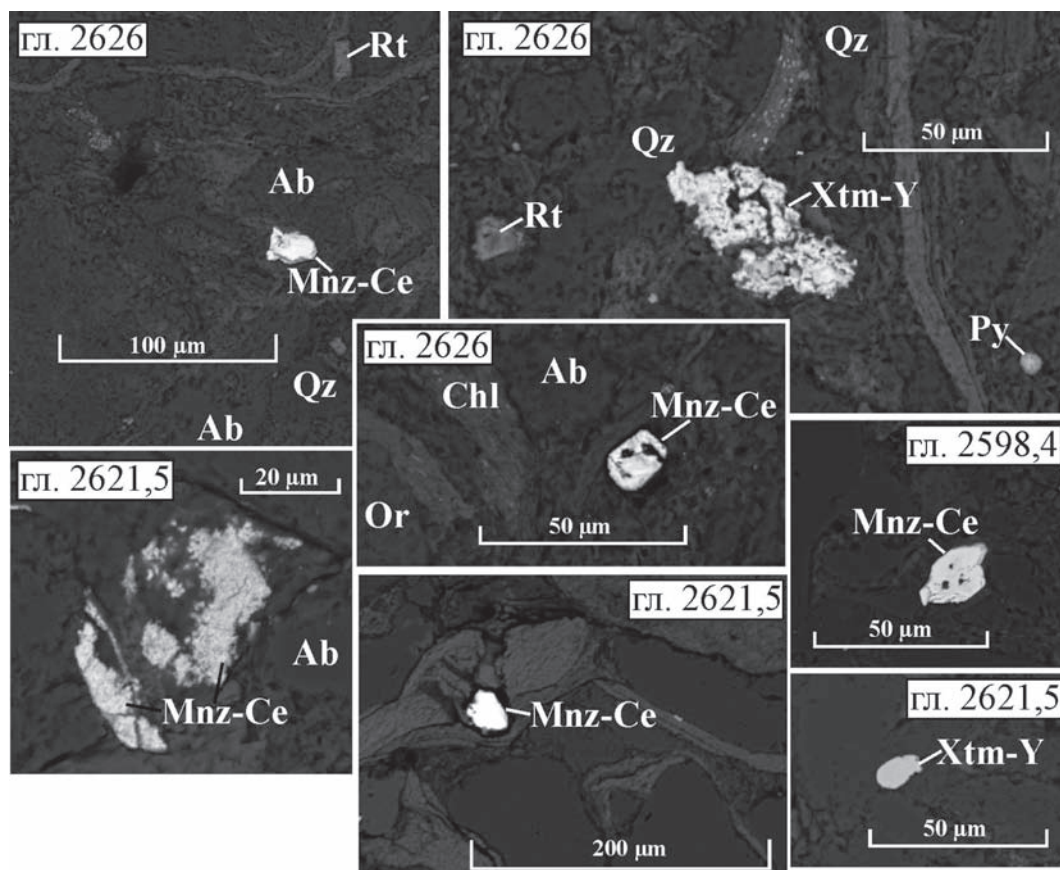


Рис. 7. Монацит и ксенотим в песчаниках старопетровской свиты (РЭМ)

Ab – альбит, Chl – хлорит, Or – ортоклаз, Mnz-Ce – монацит цериевый, Py – пирит, Qz – кварц, Rt – рутил, Xtm-Y – ксенотим иттриевый.

Fig. 7. Monazite and xenotime in sandstones of the Staropetrovskaya Formation (SEM)

Ab – albite, Chl – chlorite, Or – orthoclase, Mnz-Ce – Ce-monazite, Py – pyrite, Qz – quartz, Rt – rutile, Xtm-Y – Y-xenotime.

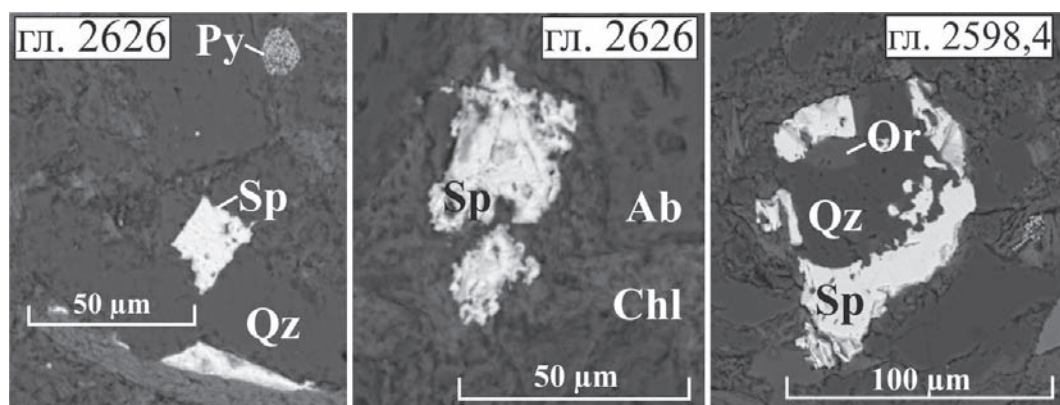


Рис. 8. Формы выделения сфалерита в песчаниках старопетровской свиты

Ab – альбит, Or – ортоклаз, Py – пирит, Qz – кварц, Sp – сфалерит. Примечание: гл. 2626 – кристалл сфалерита и замещение хлорита сфалеритом; гл. 2598,4 – структуры облекания.

Fig. 8. Forms of sphalerite in sandstones of the Staropetrovskaya Formation

Ab – albite, Or – orthoclase, Py – pyrite, Qz – quartz, Sp – sphalerite. Note: d. 2626 – sphalerite crystal and replacement of chlorite with sphalerite; d. 2598.4 – clothing structures.

Заключение

Таким образом, в рамках данной работы рассмотрены особенности минерало-петрографического и геохимического состава терригенных отложений старопетровской свиты на примере разреза скважины 4 Аслыкульская.

По результатам описания петрографических шлифов уточнен вещественный состав и текстурно-структурные признаки пород. Отложения старопетровской свиты по составу неоднородны и сложены песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Полученные сведения по минеральному составу песчаников позволили выделить среди них полевошпат-кварцевые, мезомикто-кварцевые, единичные мономинеральные кварцевые разности и собственно аркозы, а также полевошпат-кварцевые и кварц-полевошпатовые граувакки (см. рис 3) [Шутов, 1972].

Согласно минералогическим исследованиям искусственных шлифов проб-протокочек песчаников установлена существенно — гранатовая ассоциация. Основным источником кластики, исходя из значительного содержания граната, послужили метаморфические породы, меньше породы кислого, основного и ультраосновного состава.

По химическому составу (РФА) на классификационной диаграмме [Pettijohn et al., 1972], разделяющей основные типы песчаников по химическому составу, выделены граувакки и литарениты. Для определения климатических обстановок в области сноса и степени зрелости осадочных пород использованы петрохимические индексы CIA (индекс химического изменения) и ICSV (индекс степени зрелости поступающего материала) [Nesbitt, Young, 1982; Cox, Lowe, 1995]. Песчаники старопетровской свиты имеют высокую степень выветривания пород питающей провинции ($CIA > 70$), и, как результат, формирование зрелых осадков (значение $ICSV < 1$) в вендском палеобассейне (см. рис. 4).

Для песчаников старопетровской свиты были впервые проведены электронно-микроскопические исследования пороодообразующих, вторичных и акцессорных минералов: уточнен химический состав и кристаллохимические особенности. В песчаниках старопетровской свиты венда обнаружены собственные минералы редкоземельных элементов (монацит и ксенотим). При этом основным минералом-концентратором легких редкоземельных элементов является Се- монацит, а тяжелых — Y-ксенотим, а также циркон.

Полученные результаты позволили получить дополнительную информацию о минералогическом составе песчаников и возможном составе пород и степени выветривания отложений в питающей провинции. Но для реконструкции палеобассейна в вендское время необходимо дальнейшее изучение вендских отложений с использованием современных методов исследования.

Список литературы:

- Башкова С. Е., Субботина Н. Б., Карасева Т. В.* Закономерности строения рифейских и вендских отложений Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна // Вестник Пермского университета. 2011. Вып. 3. С. 8–17.
- Вендская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Т. 2. Стратиграфия и геологические процессы. М.: Наука., 1985. 237 с.
- Кухаренко А. А.* Минералогия россыпей. М.: Гостехиздат. 1961. 316 с.
- Козлов В. И., Сергеева Н. Д.* Верхний протерозой Волго-Уральской области. Стратиграфия и особенности состава // Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов АН РБ. 2011. № 17. С. 58–80.
- Козлова О. В., Солодова С. А., Ратов А. А.* Новые данные минералогических исследований отложений старопетровской свиты венда в разрезе глубокой скважины 40 Красноусольская (Предуральский краевой прогиб) // Геологический вестник. 2020. № 3. С. 68–75. DOI: 10.31084/2619-0087/2020-3-5
- Лозин Е. В.* Геология и нефтеносность Башкортостана. Уфа: БашНИПИнефть, 2015. 704 с.
- Маслов А. В.* Некоторые петрохимические особенности песчаников рифея и венда платформенного Башкортостана // Материалы конференции «Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий». Уфа: ДизайнПолиграфСервис. 2010. С. 42–45.
- Маслов А. В.* Песчаники верхнего докембрия платформенного Башкортостана: основные черты формирования по литогеохимическим данным // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. Вып. 1 (10). С. 6–17.
- Маслов А. В., Ишерская М. В., Крупенин М. Т., Петрищева В. Г., Гуляева Т. Я., Горбунова Н. П.* Литогеохимические особенности тонкозернистых терригенных пород рифея Камско-Бельского авлакогена и условия их формирования // Литология и полезные ископаемые. 2010. № 2. С. 192–223.
- Ожиганова Л. Д.* Петрографо-Минералогические исследования древних отложений Западной Башкирии // Древние отложения Западной Башкирии. Уфа. М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1960. С. 28–87.
- Преображенский И. А., Саркисян С. Г.* Минералы осадочных пород (применительно к изучению нефтеносных отложений). М.: Гостехиздат., 1954. 462 с.

Сергеева Н.Д., Пучков В.Н., Карасева Т.В. Верхний протерозой (рифей и венд) Волго-Уральской области в параметрических и глубоких скважинах. Уфа: КнигаПринт, 2021. 196 с.

Солонцов Л.Ф. к вопросу о пересмотре стратиграфической схемы отложений позднего докембрия центральных и восточных областей Русской платформы // Изв. Казанского филиала АН СССР. Геология. 1963. № 10. С. 130–143.

Стратиграфическая схема рифейских и вендских отложений Волго-Уральской области. Объяснительная записка / Составители Е.М. Аксенов, В.И. Козлов. Уфа. ИГ УНЦ РАН, 2000. 81 с. + схема 2 л.

Тимергазин К.Р. Додевонские образования Западной Башкирии и перспективы их нефтегазоносности. Уфа. ГГИ БФАН СССР, 1959. 311 с.

Чепикова И.К. К вопросу о стратиграфическом положении верхнебавлинских отложений Волго-Уральской области // Доклады Академии наук. 1971. Т. 197, № 3. С. 671–673.

Шутов В.Д. Классификация песчаников // Литология и полезные ископаемые. 1967. № 5. С. 86–102.

Cox R., Lowe D.R. A. Conceptual review of regional-scale controls on the composition of clastic sediment and the co-evolution of continental blocks and their sedimentary cover // Journal of Sedimentary Research. 1995. V. 1. P. 1–12.

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.

Pettijohn F.J., Potter P.E., Siever R. Sand and sandstone. Springer, Berlin Heidelberg New York. 1972. 553 p.

References:

Bashkova S.E., Subbotina N.B., Karaseva T.V. (2011) Regularities of the structure of the Riphean and Vendian deposits of the Volga-Uralian oil and gas basin. Vestnik Permskogo universiteta. Perm University Bulletin, (3), 8–17. (In Russian).

Vendian system. Historical, geological and paleontological justification. T. 2. Stratigraphy and geological processes. M.: Nauka, 1985. 237 p. (In Russian).

Kuharenko A. A. (1961) Mineralogiya rossypei [Mineralogy of placers]. M.: Gosgeolizdat, 316 p. (In Russian).

Kozlov V.I., Sergeeva N.D. (2011) Upper Proterozoic of the Volga-Uralian region. Stratigraphy and compositional features. Geologiya. Izvestiya Otdeleniya nauk o Zemle i prirodnih resursov AN RB — Geology. Bulletin of the Department of Earth Sciences and Natural Resources of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan. (17), 58–80. (In Russian).

Kozlova O.V., Solodova S.A., Ratov A.A. (2020) Novye dannye mineralogicheskikh issledovaniy otlozhenii staropetrovskoi svity venda v razreze glubokoi skvazhiny 40 Krasnousol'skaya (Predural'skii kraevoi progib) [New data from mineralogical studies of the Vendian Staropetrovsk Formation in the section of 40 Krasnousol'sk deep well

(Preuralian Foredeep)]. Geologicheskii vestnik. 3, 68–75. DOI: 10.31084/2619–0087/2020-3-5 (In Russian).

Lozin E.V. (2015) Geology and oil content of Bashkortostan. Ufa: BashNIPIneft. 704 p. (In Russian).

Maslov A.V. (2010) Nekotorye petrokhimicheskie osobennosti peschanikov rifeya i venda platformennogo Bashkortostana [Some petrochemical features of Riphean and Vendian sandstones of platform Bashkortostan]. Proceedings of the conference “Geology, minerals and problems of geoecology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories”. Ufa: DizaynPoligrafServis. 2010. 42–45. (In Russian).

Maslov A.V. (2011) Peschaniki verkhnego dokembriya platformennogo Bashkortostana: osnovnye cherty formirovaniya po litogeokhimicheskim dannym [Sandstones of the Upper Precambrian of platform Bashkortostan: main features of formation according to lithochemical data]. Bulletin of Perm University. Geology. 1 (10), 6–17. (In Russian).

Maslov A.V., Isherskaya M.V., Krupenin M.T., Petrishcheva V.G., Gulyaeva T.Ya., Gorbunova N.P. (2010) Litogeokhimicheskie osobennosti tonkozernistykh terrigenykh porod rifeya Kamsko-Bel'skogo avlakogena i usloviya ikh formirovaniya [Lithochemical features of fine-grained terrigenous rocks of the Riphean Kama-Belsky aulacogen and the conditions of their formation]. Lithology and mineral resources. 2, 192–223. (In Russian).

Ozhiganova L.D. (1960) Petrographic-Mineralogical studies of ancient deposits of Western Bashkiria // Ancient deposits of Western Bashkiria. M.: AN SSSR Publ. P. 28–87. (In Russian).

Preobrazhenskii I.A., Sarkisyan S.G. Mineraly osadochnykh porod (primenitel'no k izucheniyu neftenosnykh otlozhenii) [Minerals of sedimentary rocks (applied to study of oil-bearing deposits)]. M.: Gostoptehizdat, 1954. 462 p. (In Russian).

Sergeeva N.D., Puchkov V.N., Karaseva T.V. (2021) Verkhniy proterozoi (rifei i vend) Volgo-Ural'skoi oblasti v parametricheskikh i glubokikh skvazhinakh [Upper Proterozoic (Riphean and Vendian) of the Volga-Ural region in parametric and deep wells]. Ufa: KnigaPrint, 196 p. (In Russian).

Solontsov L.F. (1963) K voprosu o peresmotre stratigraficheskoi skhemy otlozhenii pozdnego dokembriya tsentral'nykh i vostochnykh oblastei Russkoi platformy [On the issue of revising the stratigraphic scheme of Late Precambrian deposits in the central and eastern regions of the Russian Platform]. Izv. Kazan branch of the USSR Academy of Sciences. Geology. 10, 130–143. (In Russian).

Stratigraphic scheme of Riphean and Vendian deposits of the Volga-Ural region: Explanatory note / Compiled by E.M. Aksenov, V.I. Kozlov. IG UNZ RAN, Ufa. 2000. 81 p. + diagram 2. (In Russian).

Timergazin K.R. (1959) Dodevonskiye obrazovaniya Zapadnoy Bashkiri i perspektivy ikh neftegazonosnosti [Pre-Devonian formations of Western Bashkiria and prospects for their oil and gas potential]. GGI BФАН СССР. Ufa. 311 p.

Чепикова И.К. (1971) On the question of the stratigraphic position of the Upper Bavlinsky deposits of the Volga-Ural region // Reports of the Academy of Sciences. T. 197 (3), pp. 671–673. (In Russian).

Shutov V. D. (1967) Klassifikatsiya peschanikov [Classification of sandstones]. Lithology and mineral resources. 5, 86–102. (In Russian).

Cox R., Lowe D. R. (1995) A. Conceptual review of regional-scale controls on the composition of clastic sediment and the co-evolution of continental blocks and their sedimentary cover // Journal of Sedimentary Research, 1, 1–12.

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

Pettijohn F. J., Potter P. E., Siever R. (1972) Sand and sandstone. Springer, Berlin Heidelberg New York. 553 p.

Сведения об авторах:

Дьякова Светлана Андреевна, младший научный сотрудник, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. Solodova.IG@yandex.ru

Сергеева Нина Дмитриевна, ведущий научный сотрудник, канд. геол.-минер. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), Россия, г. Уфа. riphey@ufaras.ru

Гатауллин Руслан Азатович, младший научный сотрудник, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа, rusgatln97@gmail.ru

Абдеев Тимур Ринатович, лаборант-исследователь, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа, timurr.abdeev@gmail.com

Лукманова Милана Рустамовна, Кафедра геологии, гидрометеорологии и геоэкологии Института природы и человека, Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, milanalove310504@gmail.com

About the authors:

Dyakova Svetlana Andreevna, junior researcher, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. Solodova.IG@yandex.ru

Sergeeva Nina Dmitrievna, leading Researcher, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Russia, Ufa. riphey@ufaras.ru

Gataullin Ruslan Azatovich, junior researcher, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa, rusgatln97@gmail.ru

Abdeev Timur Rinatovich, laboratory research assistant, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa, timurr.abdeev@gmail.com

Lukmanova Milana Rustamovna, Department of Geology, Hydrometeorology and Geoecology, Institute of Nature and Man, Ufa University of Science and Technology, Ufa, milanalove310504@gmail.com

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 04.06.2024; одобрена после рецензирования 05.06.2024; принята к публикации 22.07.2024.

The article was submitted 04.06.2024; approved after reviewing 05.06.2024; accepted for publication 22.07.2024.

Научная статья

УДК 550.42

DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-6

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ГЕОХИМИИ ЛИТИЯ И ЕГО РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В РИФЕЙСКИХ ПОРОДАХ ЮЖНОГО УРАЛА

А. Г. Султанова, С. В. Мичурин

Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Уфа, anna_zakharova.ig@mail.ru

Приведены краткие сведения о современном состоянии литиевой проблемы в мире, в том числе об изученности и распределении лития в рифейских породах Южного Урала. Показана его применимость и востребованность различными мировыми отраслями промышленности на сегодняшний день. Лидерами по запасам литиевого сырья в настоящее время являются Чили, Китай, Аргентина, Австралия. В России, несмотря на обладание ею крупными ресурсами и запасами лития, из-за расположения сырьевых объектов в экономически неосвоенных районах и сложности технологических схем обогащения, месторождения не разрабатываются. Главными минералами — сырьевыми источниками лития — являются сподумен, лепидолит, в меньшей степени — петалит, амблигонит, циннвальдит. Наиболее Li-содержащей является рапа соляных озер, где литий присутствует в виде различных сульфатных и хлоридных соединений. Основные промышленные месторождения лития включают пегматитовый, гранитный, кальдерный и саларный типы. На Южном Урале выделяются два стратиграфических интервала обогащения пород литием: ниже- и среднерифейский. Первый из них связан с отложениями суранской, второй — авзянской (кужинской) свит. В Суранском селлаит-флюоритовом месторождении выявлено присутствие криолитионита, в суранской и авзянской свитах предполагается присутствие флогопита. Слабая изученность геохимии лития в рифейских породах Южного Урала диктует проведение дальнейших геологических и геохимических исследований в этом направлении. Показано, что рифейские отложения Башкирского мегантиклинория могут быть перспективны на обнаружение повышенных концентраций лития.

Ключевые слова: Литий, сподумен, лепидолит, флюорит, рифей, Южный Урал

Благодарности: Исследование выполнено в рамках Государственного задания ИГ УФИЦ РАН № FMRS-2022–0015.

Original article

SOME ISSUES OF LITHIUM GEOCHEMISTRY AND ITS DISTRIBUTION IN RIFHEAN ROCKS OF THE SOUTHERN URALS

A. G. Sultanova, S. V. Michurin

Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, anna_zakharova.ig@mail.ru

Brief information is provided on the current state of the lithium problem in the world, including the knowledge and distribution of lithium in the Riphean rocks of the Southern Urals. Its applicability and

Для цитирования: Султанова А. Г., Мичурин С. В. Некоторые вопросы геохимии лития и его распределение в рифейских породах Южного Урала // Геологический вестник. 2024. №2. С. 65–80. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-6

For citation: Sultanova A. G., Michurin S. V. (2024) Some issues of lithium geochemistry and its distribution in Rifhean rocks of the Southern Urals. *Geologicheskii vestnik*. 2024. No. 2. P. 65–80. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-6

© А. Г. Султанова, С. В. Мичурин, 2024

relevance in various global industries today is shown. The leaders in reserves of lithium raw materials are currently Chile, China, Argentina, and Australia. In Russia, despite its possession of large resources and reserves of lithium, due to the location of raw material facilities in economically undeveloped areas and the complexity of technological enrichment schemes, deposits are not developed. The main minerals — raw materials sources of lithium — are spodumene, lepidolite, and, to a lesser extent, petalite, amblygonite, and zinnwaldite. The most Li-containing brine is the brine of salt lakes, where lithium is present in the form of various sulfate and chloride compounds. The main commercial lithium deposits include pegmatite, granite, caldera and salar types. In the Southern Urals, two stratigraphic intervals of lithium enrichment are distinguished: Lower and Middle Riphean. The first of them is associated with deposits of the Suran formation, the second — with the Avzyan (Kuzha) formations. The presence of cryolithionite was revealed in the Suran sellaite-fluorite deposit; the presence of phlogopite is assumed in the Suran and Avzyan formations. Poor knowledge of the geochemistry of lithium in the Riphean rocks of the Southern Urals dictates further geological and geochemical research in this direction. It is shown that Riphean deposits of the Bashkirian meganticlinorium may be promising for the detection of increased lithium concentrations.

Keywords: Lithium, spodumene, lepidolite, fluorite, Riphean, Southern Urals

Acknowledgments: The research was carried out on the subject № FMRS-2022–0015 of the state task to the Institute of Geology UFRC RAS.

Введение

К литиевому сырью в последнее время усилился интерес со стороны геологоразведочных компаний и служб во многих странах мира, начавших активнее реализовывать поисково-оценочные и разведочные проекты как на ранее известных, так и вновь выявленных проявлениях лития на всех континентах. Аналогичные тенденции проявились и в количестве научных публикаций геологической, геолого-экономической и технологической направленности, рассматривающих литиевую проблематику на разных уровнях: от отдельного месторождения до глобального анализа [Ткачев и др., 2018; Кудрявцев, Кудрявцев, 2018; Боярко и др., 2022; Миронов и др., 2022; Szlugaj, Radwanek-Bąk, 2022; Lindagato et al., 2023].

За последние годы литий стал одним из наиболее востребованных в мире военными и гражданскими отраслями промышленности редких металлов. Литий используют в виде сверхлёгких сплавов с магнием, алюминием в авиастроении и космической промышленности [Nicholson, 1978]. Он широко применяется в производстве щелочных аккумуляторов, в установках для регенерации воздуха, производстве специальных стёкол и керамики [Sheets, 2000]. В атомной промышленности литий используется для получения трития — важнейшего компонента термоядерной энергетики [Ktalkherman et al., 2009]. Литий и его соединения — важнейшие компоненты специального топлива ракет, сверхзвуковых самолётов и подводных лодок.

Мировое потребление лития сохраняет высокие перспективы роста, за счет спроса на батареи для энергетического перехода, а также

перспектив роста производства аккумуляторов для электромобилей. Согласно прогнозам с 2022 по 2025 гг. мировое потребление карбоната лития увеличится с 797 тысяч тонн до 1428 тысяч тонн [Ежеквартальный бюллетень ..., 2023]. Растущий спрос на литий отражает энергетический переход и увеличение инвестиций в системы хранения энергии. По данным фирмы «Benchmark Mineral Intelligence», запасы карбоната лития у производителей аккумуляторов находятся на низком или нулевом уровне. Из-за высокого спроса на производство аккумуляторов для электромобилей текущие темпы добычи лития недостаточны и к 2024 г. спрос на него увеличится в ~2.5 раза [Миронов и др., 2022]. Прогноз Международного энергетического агентства говорит о том, что к 2040 г. востребованность лития на рынке вырастет примерно в 40 раз.

В 2022 г. цена на гидроксид лития составила в среднем 67 тыс. долларов за 1 т., что значительно выше средней цены (~13 тыс.) в 2019 г [Szlugaj, Radwanek-Bąk, 2022]. Высокие цены в 2021 и 2022 гг. стимулировали увеличение инвестиций в производство лития, в результате чего глобальное предложение догнало спрос. Согласно прогнозам к 2025 г. цены на литий должны снизиться, поскольку его рынок вступает в период избытка предложения, что, как ожидается, приведет к увеличению запасов. Однако, вероятно, цены останутся значительно выше уровня, который наблюдался в течение нескольких лет до 2021 г. Цена на гидроксид лития должна составить примерно 37 тыс. долларов США за тонну в 2025 г. [Ежеквартальный бюллетень ..., 2023].

Ранее авторами был приведен краткий литературный обзор геохимии лития, в том числе

применительно к рифейским отложениям Южного Урала [Султанова, 2024]. В настоящем сообщении рассматриваются более широкие сведения по этой проблеме и подробно анализируются опубликованные данные по содержанию лития в породах рифея Башкирского мегантиклинория. Цель изучения — привлечь внимание исследователей южноуральских рифейских отложений к актуальной литиевой проблематике и показать, что указанные породы могут быть перспективны на обнаружение повышенных концентраций лития.

Геохимические особенности лития

Литий находится в главной подгруппе первой группы таблицы Д. И. Менделеева среди щелочных металлов. Он является s-элементом по строению электронной оболочки атома. У него на внешнем слое присутствует один s-электрон ($2s^1$), что делает его одновалентным. Радиус иона (нм) одновалентного лития (L^+ 0.068) меньше радиусов всех щелочных металлов. Он близок по размеру к радиусам ионов трёхвалентных алюминия и железа (Al^{3+} 0.067, Fe^{3+} 0.067) и двухвалентного магния (Mg^{2+} 0.074).

Литий распространен в природе только в виде соединений и является типично литофильным элементом. Он входит в состав многих горных пород, но преимущественно концентрируется в кислых изверженных и осадочных породах (до 0.007 мас. %, табл. 1) [Войткевич и др., 1990]. В распределении его содержания в магматических породах выявляется четкая тенденция в обогащении пород кислого состава, что позволяет относить литий к гранитофильным элементам. На начальном этапе магматического процесса литий преимущественно переходит в состав базальтовой магмы, о чем свидетельствует повышение его содержания в базальтах по сравнению с гипербазитами. В базальтоидах литий ввиду низкого кларка ($1.7 \cdot 10^{-3}$ мас. %, см. табл. 1), находится в рассеянном состоянии и благодаря близости радиуса иона к радиусам ионов алюминия, железа и магния входит в состав

плагиоклазов, пироксенов, магнетита. На следующем этапе, когда из базальтоидов выплавляется магма среднего состава, содержание лития в ней практически не изменяется. Только в кислых магмах содержание лития вновь увеличивается (см. табл. 1). Особенно велики его содержания в лейкократовых S-гранитах складчатых областей, с которыми чаще всего связаны его месторождения. Это коровые граниты, формирующиеся в результате плавления земной коры. В них количество лития бывает повышено вместе с Mo, Sn, Nb, Ta. Он накапливается в остаточных продуктах кислого магматизма — пегматитах.

Близость ионных радиусов Li^+ и Al^{3+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} позволяет литию замещать указанные элементы в кристаллических решётках минералов. Однако порообразующие элементы гранитоидов O^{2-} (0.136), Si^{4+} (0.039), K^+ (0.133), Na^+ (0.098) он может замещать с трудом ввиду малого радиуса по отношению к щелочным металлам и кислороду или большего по отношению к кремнию. Скорее всего, именно по этой причине литий накапливается в остаточных расплавах кислых магм и в составе пегматитов. Важно отметить и близость радиуса иона лития к радиусам таких редких элементов, как Ta^{5+} (0.066), Nb^{5+} (0.066), W^{6+} (0.065), Sn^{4+} (0.067), что обеспечивает их совместное нахождение в пегматитах и грейзенах.

Установлено существование в пегматитах гетеровалентного изоморфизма одновалентного лития во флогопите: Al^{3+} (0.067) + Mg^{2+} (0.074) \leftrightarrow Si^{4+} (0.039) + Li^+ (0.068); циннвальдите и турмалине: $2Fe^{2+}$ (0.080) \leftarrow Al^{3+} (0.067) + Li^+ (0.068); берилле: Be^{2+} (0.034) \leftarrow Li^+ (0.068) + Na^+ (0.098) [Булах и др., 2014]. В метасоматических процессах алюмосиликаты гранитоидов разлагаются и литий выносятся. Он мигрирует преимущественно в составе фтористых соединений, о чем свидетельствуют ореолы флюорита в месторождениях. Именно по этой причине литий накапливается в месторождениях флюорита.

Таблица 1 Кларк лития в различных типах горных пород, мас. %
(по К. Таркьяну и К. Ведеполу [Войткевич и др., 1990])
Table 1 Clark lithium in various types of rocks, wt. %
(according to K. Tarkyan and K. Wedepohl [Voitkevich et al., 1990])

Изверженные породы				Осадочные породы			
ультраосновные $\times 10^{-4}$	основные $1.7 \cdot 10^{-3}$	кислые		сиениты $2.8 \cdot 10^{-3}$	глины $6.6 \cdot 10^{-3}$	песчаники $1.5 \cdot 10^{-3}$	карбонатные $5 \cdot 10^{-4}$
		богатые Са $2.4 \cdot 10^{-3}$	бедные Са $4 \cdot 10^{-3}$				

В экзогенных условиях литий ведёт себя как активный щелочной металл, концентрируясь вместе с Na и Mg в рассолах и эвапоритах. Таким образом, с геохимической точки зрения возможны концентрации лития в остаточных продуктах кислого магматизма и в результате их метасоматической переработки, а также в экзогенных рассолах.

Минералы-концентраторы лития

Литий обнаружен более чем в 50 минералах, хотя собственных минералов лития известно 28. Многие из них чрезвычайно редки, и их находки являются единичными. Большая часть минералов лития — силикаты (преобладают), фосфаты и лишь по одному приходится на галогениды, оксиды и бораты.

Главными сырьевыми источниками лития являются сподумен и лепидолит. На их долю в мировой добыче литиевого сырья приходится 60 и 22% соответственно. Другие минералы — петалит (13%), амблигонит (1.3%), циннвальдит (0.7%) — играют существенно меньшую роль. Лепидолит рассматривается как серия минералов триоктаэдрических слюд [Brigatti et al., 2000], промежуточных членов изоморфного ряда трилитионит $KLi_{1.5}Al_{1.5}(Si_3Al)O_{10}F_2$ — полилитионит $KLi_2AlSi_4O_{10}F_2$, а циннвальдит (тёмные литийсодержащие слюды) как серия минералов, промежуточных членов изоморфного ряда сидерофиллит $KFe_2Al(Si_2Al_2)O_{10}(OH)_2$ — полилитионит.

Накопление Li, Rb, Cs, Be в гранитных пегматитах и образование в них собственных минералов объясняется, прежде всего, тем, что эти щелочные литофильные элементы в магме могут накапливаться только в поздних кислых, а не в ранних ультраосновных и основных расплавах. Здесь их концентрации возрастают в десятки и сотни раз, достигая десятых долей и первых процентов, и создаются благоприятные условия для образования самостоятельных минералов. Например, главная масса лития (активная щелочь) будет связывать слабый ангидрид кремния с помощью алюминия (слабое основание) в сподумен ($LiAlSi_2O_6$), а при наличии в расплаве фосфорного ангидрида и фтора может образоваться литиевый фосфат — амблигонит $LiAl(PO_4)F$ [Зими́на и др., 2014].

Промышленные месторождения лития

Формирование месторождений лития связано с эндогенными и экзогенными процессами рудо-

генеза. Месторождения лития, относящиеся к категории промышленных, включают четыре типа: 1) пегматитовый, 2) гранитный, 3) кальдерный, 4) сальарный [Линде и др., 2000]. Наряду с этим в качестве перспективного источника лития также рассматриваются геотермальные воды геодинамически активных областей и подземные воды нефтяных полей. Практический интерес геологоразведочных компаний к месторождениям лития вызывают, как правило, те из них, ресурсная оценка которых (включая возможную прошлую добычу) составляет не менее 0.1 млн т Li_2O . Нижний лимит минимального среднего содержания при этом принимается 0.4% Li_2O [Борисенко и др., 1980; Месторождения стратегических ..., 2020].

Пегматитовый тип представляют жильные корунд-олигоклазовые породы (плюмазиты) с содержанием корунда на уровне 15–20%, примесью ортоклаза и слюд двух типов и/или мусковитовые граниты и лейкограниты. Пегматиты часто оторваны от материнских гранитов и локализованы в метапородах любого состава, изменённых на уровне не ниже зеленосланцевой фации. Рудные скопления проявлены в виде жилообразных и дайкообразных тел, иногда одиночных, но обычно в составе групп, эшелонированных по простиранию и падению. Минеральные типы и подтипы включают комплексный (микроклин-альбит-сподуменовый, микроклин-альбит-петалитовый, микроклин-альбит-лепидолитовый подтипы) и альбит-сподуменовый. Концентраторы лития — сподумен, петалит, лепидолит, амблигонит, эвкриптит, циннвальдит, литиевый мусковит. В ассоциацию с литием могут входить Ta, Sn, Be, Cs, Rb, Nb.

Анализ геодинамических условий формирования крупных полей сподуменовых пегматитов с литиевыми и комплексными (Li, Cs, Ta, Be, Sn) рудами редких металлов в пределах Центрально-Азиатского складчатого пояса позволил отечественным специалистам установить временной разрыв (от первых десятков до сотен млн лет) между сподуменовыми пегматитами и обычно считающимися материнскими гранитами [Загорский и др., 2014]. Выделен самостоятельный пегматитовый этап в истории магматизма. От докембрия до позднего мезозоя установлена связь крупных полей слюдоносных пегматитов с обстановками растяжения континентальной литосферы, которые проявляются либо в виде зон долгоживущих глубинных разломов, ограничивающих троговые (рифтогенные) структуры, испытавшие процессы тектономагматической активизации, либо в виде

постколлизийных зон сдвиго-раздвиговых деформаций. Образованию редкометальных пегматитов в значительной мере способствует наличие достаточно мощной зрелой коры, рассекаемой глубинными (вплоть до верхней мантии) длительно действующими разломами – проводниками энергии и вещества из глубинных источников.

Гранитный тип связан с плюмазитовыми Li-F редкометальными гранитами. Рудные тела представляют собой грейзенизированные верхние части штокообразных, куполовидных или плитообразных массивов Li-F гранитов и их надинтрузивные грейзены. Концентраторы лития — лепидолит, циннвальдит, сподумен, амблигонит, литиевый мусковит. В ассоциацию с литиевыми минералами может входить флюорит, а также Sn, Be, Ta, Cs, Rb, Nb, W.

Кальдерный тип. В состав магматических пород, вмещающих кальдеры, могут входить в различном соотношении субвулканические тела, лавы и туфы разных составов от трахитов до онгонитов, реже — андезиты и базиты. Минерализованные слои или пластообразные зоны в породах, формировавшихся в крупных субаэральных кальдерах, включают осадки внутрикальдерных озер. Вмещающими породами являются туфоалевролиты, туффизитовые брекчии, туфы, туффиты, боратоносные слои, песчаники. Включает следующие подтипы: углеродистый, пепловый, глинистый, ядаритовый. Концентраторы лития — литиеносные монтмориллонит, иллит, ядарит (минерал лития, недавно открытый в Сербии) [Толкушкина и др., 2012; Кудрявцев, Кудрявцев, 2018], вулканический пепел, гекторит, углеродистое вещество, лепидолит, литиевый мусковит. В ассоциации с литием находятся бор и калий.

Саларный тип. Салары представляют собой бессточные понижения земной поверхности, заполненные солями (Salar — «солить»), применительно к литию — рапа бессточных соленых озер с содержанием 0.06–0.5% Li₂O. Они особенно распространены на территории Чили, Аргентины и Китая, представляя собой, по существу, гидроминеральные месторождения лития.

Геотермальные воды геодинамически активных областей и подземные воды нефтяных полей по агрегатному состоянию и химическому составу литийсодержащего сырья аналогичны саларам, но по средним содержаниям они редко достигают уровня самых бедных рассолов. Поэтому изучение таких литиеносных минеральных вод к настоящему времени не продвинулось дальше экспериментальных полупромышленных испытаний извлечения

лития. Результаты этих испытаний не подтверждают рентабельность производства, и поэтому литиеносные геотермальные воды и воды нефтяных полей пока не используются для промышленной добычи лития.

Наиболее репрезентативная сводка размещения важнейших месторождений лития в мире охарактеризованных выше типов (за исключением саларного) выполнена специалистами Государственного геологического музея им. В. И. Вернадского. Кроме указания местоположения месторождений лития, затронуты вопросы их принадлежности к тому или иному типу с указанием возраста, истории накопления промышленно интересных аккумуляций лития в земной коре и относительной роли каждого из известных типов месторождений в разные геологические эпохи [Ткачев и др., 2018; Месторождения стратегических ..., 2020]. На государственном балансе России находится 17 месторождений. Однако расположение сырьевых объектов в экономически неосвоенных районах, комплексность месторождений и, как результат, сложность технологических схем обогащения обуславливают низкую экономическую эффективность их эксплуатации и фактически делают основную часть балансовых запасов лития неактивными. Единственное разрабатывавшееся в Читинской области на литий Завитинское месторождение в настоящее время законсервировано. Другие месторождения лития в России не эксплуатируются. Потребности российских заводов в литиевом сырье и главных потребляемых продуктах — карбонате и гидроксиде лития полностью удовлетворяются за счет импорта из Чили и Китая.

По производству концентрата Li₂CO₃ первое место занимает Австралия, получая порядка 40% его общего объема из литийсодержащих пегматитовых руд, второе (33%) и третье места (16%) занимают Чили и Аргентина, предприятия которых используют гидроминеральное сырье. Производство концентрата в пересчете на чистый металл в 2017 г. на рудных объектах составило 18.3 тыс. т (Австралия), на гидроминеральных — 20 тыс. т (Чили и Аргентина) [Курков и др., 2018; U. S. Geological ..., 2019].

Ресурсы и запасы лития

Сосредоточение эндогенных запасов лития имеет место в редкометальных пегматитах, а основная масса экзогенных мировых запасов связана с природными высокоминерализованными

ми водами [Месторождения стратегических ..., 2020]. Извлекаемые запасы Li_2O в мире составляют 14.5 млн. т в год [U. S. Geological ..., 2019], при этом подавляющая часть подтвержденных запасов (78%) учитывается в литийсодержащей рапе соляных озер. С редкометальными пегматитами связано около 23% запасов лития. Лидером по запасам литиевого сырья является Чили, где сосредоточено 52% запасов лития, представленных наиболее дешевыми для освоения гидроминеральными месторождениями. На втором месте — Китай, минерально-сырьевая база (22.1%) которого представлена рудным пегматитовым и гидроминеральным сырьем, на третьем месте — гидроминеральные месторождения Аргентины (13.8%) и на четвертом — пегматиты Австралии (11%).

В настоящее время за рубежом до 60–70% лития производится за счет эксплуатации рапы бессточных соляных озер с содержаниями 0.06–0.5 мас. % Li_2O [Зими́на и др., 2014]. Запасы и прогнозные ресурсы диоксида лития в гидроминеральных объектах имеют существенно меньшие масштабы и низкие содержания полезного компонента, однако технологии добычи и получения концентрата Li_2CO_3 и LiOH из них значительно экономичнее по сравнению с месторождениями других типов. Так, например, в последние годы все большее значение приобретают месторождения осадочного типа и подземные минерализованные воды. Например, из рапы озера Сирле (США) при содержаниях ~0.02 мас. % LiCl добывается около 3% мирового литиевого сырья. В перечне ведущих объектов зарудного типа следует отметить эффективно осваиваемое месторождение Атакама (Чили) и подготавливаемое к разработке крупное месторождение Уюни (Боливия). Таким образом, на смену традиционным рудным видам сырья приходят рассолы, попутные нефтяные воды, литийсодержащие глины, так как более 70% разведанных запасов лития сосредоточено именно в этих источниках.

Россия обладает очень крупными запасами лития. Около 75% балансовых запасов приходится на сподуменовые пегматиты месторождений Мурманской, Иркутской и Читинской областей, остальное — на месторождения с попутным литием: редкометальные граниты с литиевыми слюдами и слюдисто-флюоритовые метасоматиты.

Эпохи накопления лития

Месторождения лития мира в рамках концепции тектоники плит приурочены к эпохам,

определяемым циклами Уилсона в ходе эволюции земной коры, приводящими к созданию предполагаемых новых суперконтинентов — Кенорания, Колумбия, Родиния, Пангея [Месторождения стратегических ..., 2020].

В *кенорском цикле*, охватывающем значительную часть архея, преобладают месторождения пегматитового типа. Самые ранние по возрасту — альбит-сподуменовые редкометальные пегматиты комплекса Древних Гнейсов Свазиленда и гранит-зеленокаменного пояса Барбертон кратона Каапваль. Они отличаются малой продуктивностью. Пегматиты с рудами промышленного уровня появились позже, уже в конце мезоархея. Они представлены объектами кратона Палабора — Пилгангура и Воджина.

Неоархейские месторождения лития более многочисленны, чем мезоархейские, а география распространения гораздо шире. Наибольшее их количество выявлено в гранит-зеленокаменно-ланцевых поясах кратонов Йилгарн (Гринбушес, Эрл-Грей, Маунт-Марион) и Сьюпериор (Танко, Лакорн, Джеймс-Бэй). Также они установлены в аналогичных по природе поясах на кратонах Слейв (Йеллоунайф-Болю), Зимбабве (Бикита, Аркадия, Зулу) и Кольском (Колмозерское, Полмостундровское).

Основным рудным минералом является сподумен, но в промышленных рудах могут преобладать и другие минералы лития: амблигонит (Танко, Бикита), лепидолит (Бикита), петалит (Бикита, Зулу, Аркадия), эвкриптит (Бикита). Месторождение Сепарейшн-Рэпидз — редкий пример месторождения лития, в котором сподумен не предполагается извлекать в отдельный концентрат: только петалит и, вероятно, лепидолит.

Колумбийский цикл охватывает значительную часть протерозоя и также представлен только пегматитовым типом. Его представители с преобладанием сподумена в рудах известны в складчатых поясах среднего палеопротерозоя Риу-дас-Мортес (Вольга-Гранде), Эбурнейском (Гуламина, Бугуни) и Кировоградском (Полоховское, Надия Станковатское), а также в поясах Восточно-Саянском (Гольцовое, Вишняковское), Свекофеннском (Рапасаарет-Оутовеси) и Пайн-Крик позднего палеопротерозоя. На месторождениях Украинского щита практическое значение имеет петалит. Из рудных объектов цикла эксплуатируются руды только на Вольга-Гранде, на остальных проводится разведочное бурение (месторождения в орогенных поясах Эбурнейский, Свекофеннский и Пайн-Крик).

Родинийский цикл также заключен в рамках протерозоя, не отличаясь от двух предыдущих по типам месторождений лития. В его границах выявлены два объекта пегматитового типа в гренвиллидах юга Центральной Африки: Маноно-Китотоло в Кибарском поясе и Камативи в активизированном в конце мезопротерозоя кристаллическом массиве Дете-Камативи. В месторождениях цикла основной практический интерес представляет сподумен.

Пангейский цикл охватывает палеозой и низы мезозоя и, в отличие от предыдущих циклов, представлен всеми перечисленными выше типами. В нем преобладают пегматитовые объекты, наиболее значительные из которых установлены в Аппалачском поясе (Кингс-Маунтин) и поясе Сонпань-Ганьцзы, включая его северо-западное продолжение в Кунь-Луне (Цзяцзика, Байлуншань). Кроме того, они известны в орогенных поясах: Арасуай (Такуарал), Иберийском сегменте Герцинского (Сепеда), Алтайском (Коктогай), и Тува-Монгольском (Тастыгское) сегментах Урало-Монгольского (Центрально-Азиатского) и палеозоидах Альпийского (Вайнебене). Только в Сепеда главный концентратор лития — петалит, в остальных — сподумен, в Коктогае заметная роль принадлежит лепидолиту.

Амазийский цикл ведет свое начало с мезозоя и представлен саларным и кальдерным типами месторождений лития. Все месторождения и проявления кальдерного типа имеют значительное сходство в условиях залегания руд: краевые зоны субаэральных вулканических кальдер, наличие богатых литием онтогонитовых пород, включая их туфогенные и туфогенно-осадочные разности, и стратоидная морфология рудных тел. Разделяются на четыре подтипа.

Углеродистый подтип представлен месторождением Шавазсай пангейского цикла. Оно единственное связано с постколлизийным, а не с синаккреционным магматизмом, имеет специфический состав руд, как по концентраторам лития, так и по природе вмещающего субстрата. **Глинистый подтип** в амазийском цикле выявлен в миоценовых палеокальдерах надсубдукционных окраинно-континентальных поясов. На севере провинции Бассейнов и Хребтов в кальдере Мак-Дермитт оценены месторождения Такер-Пасс и Кингс-Вэлли-Саут, на юге — Лавентана-Эльсаус. Они объединяются локализацией в туфогенных глинах, накопившихся в перикальдерных озерах, а также связью лития с глинистыми минералами типа иллита и монтмориллонита, и в гораз-

до меньшей степени — с гекторитом, слюдами и слабо измененными пепловыми частицами. **Пепловый подтип** установлен в Андийском поясе в месторождении Фальчани, связанного с неизменными ни эпитегрмальными, ни гипергенными процессами слоями пепловых туфов. Весь литий сосредоточен в вулканическом стекле пепловых частиц. **Ядаритовый подтип** выявлен в Балканском поясе в межгорной депрессии Ядар и предстало одноименным месторождением среди озерных вулканогенно-осадочных пород. Литий в рудах сконцентрирован в ядарите — боросиликате, который и был здесь открыт при осуществлении проекта, изначально ориентированного на оценку боратовой минерализации. Литиевые руды залегают в туфогенных песчаниках и алевролитах, переслаивающихся со слоями боратов.

Генезис месторождений кальдерного типа пока еще слабо изучен. Наиболее аргументированная модель описывает месторождение Такер-Пасс в палеокальдере Мак-Дермитт. Здесь литиевая минерализация возникла в туфогенно-осадочных породах в период их литификации на стадии раннего диагенеза в процессе внутрислойной циркуляции термальных растворов, возникших при смешении постмагматических и метеорных вод. Эта модель не противоречит геологическим данным, известным для месторождений всех других подтипов кальдерного типа, кроме пеплового. Последний, очевидно, возник при прямом накоплении литиеносных пепловых туфов после вулканических извержений.

Значимые пегматитовые месторождения лития в амазийском цикле известны только в двух металлогенических поясах: Забайкальском (Завитинское) и Гиндукушском (Парун). Главный концентратор лития в них — сподумен. Несмотря на многочисленные проявления гранитного типа в мезозое — кайнозое, он внес наименьший вклад в ресурсный потенциал лития в амазийском цикле. Это крупнейшее в мире месторождение лепидолитовых руд Ичунь в Южно-Китайском поясе и крупное месторождение амблигонитовых (с лепидолитом) руд Кестер в Верхоянском поясе. Реальный вклад в мировое производство лития рудных месторождений амазийского цикла вносят салары. Их распределение по континентам мира, по данным Британской геологической службы, приведено в работе [Bradley et al., 2013].

Таким образом, накопление ресурсов лития происходило с позднего мезозоя до голоцена, процесс имел дискретный импульсный харак-

тер [Ткачев и др., 2018]. Все импульсы тяготеют к периодам интенсификации орогенных процессов в глобальном масштабе, что характерно для тектонических фаз активного формирования суперконтинентов. В самых ранних суперконтинентальных циклах — кенорском, колумбийском, родинийском — возникали месторождения лития только пегматитового типа. Этот тип является единственным сквозным в геологической истории. Его максимальное количество месторождений, ресурсы и наиболее высокие средние содержания лития установлены для кенорского цикла, что позволило предположить существование в архее особо благоприятных условий для возникновения продуктивных на литий пегматитов. Этот тип также основной в пангейском цикле, но небольшая часть ресурсов связана с Li-F гранитами. Значение месторождений гранитного и кальдерного типов в ресурсной базе лития пока намного превосходит их реальную роль в добыче этого вида сырья. Однако высокий интерес к выявлению и оценке таких объектов со стороны геологоразведочных и горно-добывающих организаций во многих странах мира, указывают на вероятное изменение этой ситуации в ближайшем будущем. Текущий амазийский цикл наиболее разнообразен в типах месторождений лития: рассолы в саларах наиболее важны, а эпитермальные стратиформные залежи, пегматиты и Li-F граниты имеют меньшее значение.

Распределение лития в породах рифея Южного Урала

На Южном Урале в детальных работах, посвященных изучению геохимического поведения большинства микроэлементов в песчаниках, сланцах, известняках и доломитах [Гареев, 1989; Анфимов, 1997; Маслов и др., 2001] или тонкозернистых терригенных рифейских породах [Маслов и др., 2008] Башкирского мегантиклинория, сведения по содержанию Li в породах не рассматриваются. Отчасти это связано с тем, что большинство исследований прошлого столетия по поведению редких элементов в породах рифея Южного Урала выполнены спектральным приближенно-количественным методом, либо для решения исследовательских задач изучение лития не было актуальным. Сравнение, проведенное в работе Т. И. Широковой [1992], показывает, что указанный метод примерно в 1.5–2 раза занижает концентрации лития в различных типах пород по сравнению с количественным определением этого элемента пламенно-эмиссионным

анализом. В настоящем исследовании используются результаты определения Li в породах различных литологических типов в разновозрастных свитах от нижнего до верхнего рифея Башкирского мегантиклинория, полученные методами с индуктивно-связанной плазмой с масспектрометрическим [Маслов и др., 2013а, 2013б; Ковалев и др., 2013] и атомно-эмиссионным [Мичурин и др., 2020, 2021, 2022] окончанием, а также количественным пламенно-эмиссионным методом [Широкова, 1992]. Все перечисленные опубликованные данные по разновозрастным рифейским осадочным (песчаники, глинистые сланцы, карбонаты) и магматическим породам в различных комплексах сведены в таблицы 2 и 3.

Данные, указанные в таблице 2, графически представлены на рис. 1. Его рассмотрение показывает, что в отложениях рифея Башкирского мегантиклинория выделяются два стратиграфических интервала — суранская и авзянская свиты соответственно нижнего и среднего рифея, в которых преимущественно карбонатные породы значительно обогащены литием в 5.1–7.6 раз по сравнению с кларком этого щелочного элемента для карбонатов (5 г/т по К. Таркьяну и К. Ведеполу [Войткевич и др., 1990], см. табл. 1). Фиксируются также повышенные концентрации Li в песчаниках зигазино-комаровской (2.4 раза) и в глинистых сланцах кужинской (1.7 раз) свит среднего рифея относительно кларка лития, приведенного в табл. 1 для этих пород. Нижняя часть кужинской свиты сопоставляется [Ларионов, 1994] с верхней частью зигазино-комаровской свиты, а верхняя часть кужинских отложений — с нижней каташкинской подсвитой авзянской свиты среднего рифея и считаются их фаціальными аналогами.

Вместе с тем, отметим, что для песчаников зигазино-комаровской свиты, как и для глинистых сланцев авзянской свиты (см. табл. 2), в работе [Ковалев и др., 2013] приводится только разброс полученных значений и не указывается количество измеренных образцов. В этих случаях с кларковым содержанием нами сравнивалось среднее значение установленных вариаций, что является не совсем корректным для понимания реальной картины распределения лития в рифейских породах Башкирского мегантиклинория. В целом, учитывая общую мощность рифейских отложений свыше 12 км и площадь их распространения в мегантиклинории около 15 000–20 000 км² [Маслов и др., 2001], для него стоит отметить дефицит аналитических данных и незначительное количе-

ство проанализированных образцов в различных свитах. Для всех типов осадочных пород (песчаники, глинистые сланцы, карбонатные породы), встречающихся в различных свитах от нижнего до верхнего рифея, представительные аналитические результаты получены только примерно в 400 образцах. Особенно это касается магматических пород, в которых рассматриваются лишь 34 образца и обогащение литием по сравнению с кларком для них (см. табл. 1) фиксируется только в единичных образцах навыйского, лапыштинского и шуйдинского комплексов (см. табл. 3). С учетом отсутствия надежных геохронологических данных по последним двум комплексам, а также того, что в табл. 3 практически нет данных по одним из наиболее распространенных комплексов (повальненский, инзерский, юрматинский), правильно оценить имеющиеся результаты о распределении лития в магматических породах Башкирского мегантиклинория в настоящее время не представляется возможным.

Литий в карбонатных породах суранской свиты содержится, вероятнее всего, во флогопите. На это указывает значительное присутствие в них F-содержащего флогопита и самые высокие положительные геохимические связи между F и Li ($K_{\text{корр}} = 0.97$), а также между F и Rb ($K_{\text{корр}} = 0.93$) [Мичурин и др., 2020]. В работе [Широбокова, 1992] также считается, что литий породах Кужинского рудного поля находится в слюдах. В доказательство этого указанный автор также приводит высокую положительную корреляцию между F и Li (рис. 2, а).

В целом в магматических комплексах Башкирского мегантиклинория фиксируется преимущественно прямая связь лития с рубидием, что, вероятнее всего, следует рассматривать как вхождение Li в аннит, который в основных интрузивных и эффузивных породах чаще всего содержит этот элемент в сравнительно высоких концентрациях (см. рис. 2, б). Вместе с тем можно обратить внимание, что на рис. 2 б один из образцов Шуйдинского комплекса отклоняется от этой зависимости и содержит больше всего Li. По нашему мнению, это указывает на возможное присутствие в габбродолеритах Шуйдинского комплекса собственных минералов лития.

Данные табл. 2 согласуются с результатами А. А. Макушина с соавторами [Бигнов и др., 2001]. В околорудном ореоле селлаит-флюоритового месторождения Суран-1, локализованного в карбонатно-терригенных отложениях суранской свиты, ими установлены повышенные концен-

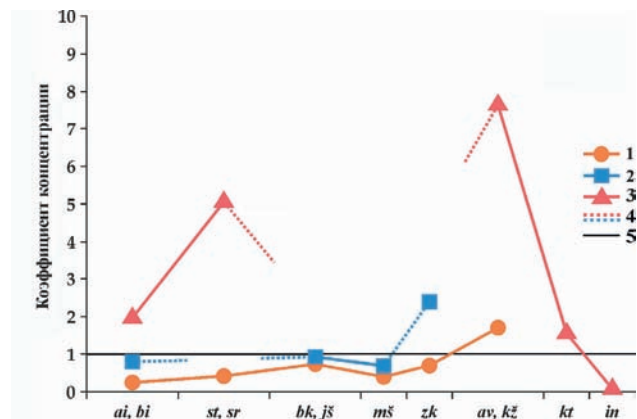


Рис. 1. Изменение коэффициентов концентрации лития в осадочных породах разновозрастных свит Башкирского мегантиклинория (среднее содержание в литологическом типе породы/кларк породы по К. Таркьяну и К. Ведеполу [Войткевич и др., 1990])
Условные обозначения: 1 – глинистые сланцы; 2 – песчаники; 3 – карбонатные породы; 4 – предполагаемые интервалы вследствие отсутствия или малого количества аналитических данных; 5 – линия кларкового содержания. Нижнерифейские свиты стратотипических разрезов: *ai* – айская, *st* – саткинская, *bk* – бакальская. Соответственно, их стратиграфические аналоги: *bi* – большеинзерская, *sr* – суранская, *js* – юшинская. Среднерифейские свиты стратотипических разрезов: *ms* – машакская, *zk* – зигазино-комаровская, *av* – авзянская. Стратиграфический аналог авзянской свиты: *kz* – кужинская. Верхнерифейские свиты стратотипических разрезов: *kt* – катавская, *in* – инзерская.

Fig. 1. Changes in lithium concentration coefficients in sedimentary rocks of formations of different ages in the Bashkirian meganticlinorium (average content in the lithological type of rock/clark rock according to K. Turekian and K. Wedepohl [Voitkevich et al., 1990])
Legend: 1 – clayey shales; 2 – sandstones; 3 – carbonate rocks; 4 – estimated intervals due to the absence or small amount of analytical data; 5 – line of clark content. Lower Riphean formations of stratotype sections: *ai* – Ai, *st* – Satka, *bk* – Bakal. Accordingly, their stratigraphic analogues: *bi* – Bolsheinzher, *sr* – Suran, *js* – Yusha. Middle Riphean formations of stratotype sections: *ms* – Mashak, *zk* – Zigazino-Komarovo, *av* – Avzyan. Stratigraphic analogue of the Avzyan formation: *kz* – Kuzha. Upper Riphean formations of stratotype sections: *kt* – Katav, *in* – Inzer.

трации лития. В строении ореола важную роль играют фториды из группы криолита: усовит ($Ba_2MgAl_2F_{12}$), пахнолит ($NaCaAlF_6 \cdot xH_2O$) и, особенно, криолитионит ($NaLi_3 [AlF_6]_2$). По данным спектрального анализа содержание оксида лития в керне скв. 144 достигает рудного уровня 0.1 мас. %. Дифрактометрическими исследованиями (Унипромедь, г. Екатеринбург) выявлено наличие литийсодержащих минералов в 11 скважинах [Бигнов и др., 2001]. Основным минералом, содержащим литий, является криолитионит, массовая доля которого составляет 0.1–7%. Закономерностей

Таблица 2 Среднее, минимальное и максимальное содержание лития в осадочных породах рифея Башкирского мегантиклинория
Table 2 The average, minimum and maximum lithium content in sedimentary rocks of the Riphean Bashkirian meganticlinorium

Свиты/толщи	Песчаники	Глинистые сланцы	Карбонаты
Верхний рифей			
Инзерская	—	—	<u>0.4±0.5</u> 0.0–1.1 (10)
Катавская	—	—	<u>8.1</u> (9)
Средний рифей			
Кужинская	—	<u>128</u> 50–250 (6)	<u>38</u> 3–120 (8)
Авзянская	—	3.2–182.3	—
Зигазино-комаровская	20.4–51.0	<u>44.1±26.9</u> 20.8–113.5	—
Машакская	<u>10.3±11.9</u> 0.7–40.0 (34)	<u>24.6±13.3</u> 3.0–40.0 (34)	—
Нижний рифей			
Юшинская	<u>14.0±6.9</u> 2.4–30.4	<u>51.3±20.8</u> 15.3–81.7	—
Бакальская	—	<u>46.0±21.4</u> 6.0–94.3 (22)	—
Суранская	—	<u>20.3±5.9</u> 4.3–26.1	<u>25.5±28.8</u> 0.0–98.2 (25)
Саткинская	—	<u>34.6±17.6</u> 3.3–75.5 (22)	—
Большеинзерская	<u>17.6±20.5</u> 2.7–72.7	<u>58.9±24.7</u> 8.0–103.4	9.8 (1)
Айская	<u>6.4±4.8</u> 1.2–14.2	<u>26.6±8.7</u> 16.9–56.1	—

Примечание. Использованы данные из работ [Широбоква, 1992; Маслов и др., 2013а, 2013б; Ковалев и др., 2013; Мичурин и др., 2020, 2021, 2022]. В скобках – количество проанализированных образцов. Прочерк – нет данных. Полуужирным шрифтом показаны средние значения и стандартное отклонение.

Note. Data from works [Shirobokova, 1992; Maslov et al., 2013a, 2013b; Kovalev et al., 2013; Michurin et al., 2020, 2021, 2022]. In parentheses is the number of samples analyzed. Dash – no data. The average values and standard deviation are shown in bold.

Таблица 3 Среднее, минимальное и максимальное содержания лития в магматических комплексах рифея Башкирского мегантиклинория
Table 3 The average, minimum and maximum lithium content in igneous complexes of the Riphean Bashkirian meganticlinorium

Комплекс	Состав пород	Возраст, млн лет	Количество образцов	Содержание
Повальненский, Кургасский	основные	~1128...~1004, ~1380...~1318	6	16.0±5.9 9.8–26.3
Лапыштинский	ультраосновные	RF ₂	1	3.1
Лапыштинский	основные	RF ₂	2	32.0±19.3 18.3–45.6
Шатакский	основные	~1380	3	12.3±3.1 9.1–15.3
Шатакский	кислые	~1380	1	5.5
Кусинско-Копанский	основные	~1395...~1353	5	9.0±5.4 1.1–14.7
Кусинско-Копанский	кислые	~1395...~1353	1	6.7
Шуйдинский	основные	RF ₁	2	86.3±83.5 27.3–145.4
Шуйдинский	ультраосновные	RF ₁	1	42.5
Юшинский	основные	RF ₁	7	14.4±8.6 3.1–30.4
Навышский	основные	~1750 и ~450	5	34.8±11.9 21.7–54.4

Примечание. Использованы данные из работ [Холоднов др., 2012; Ковалев и др., 2013; Краснобаев и др., 2020; Khotylev et al., 2020]. Полу жирным шрифтом показаны средние значения и стандартное отклонение.
 Note. Data from the works [Kholodnov et al., 2012; Kovalev et al., 2013; Krasnobaev et al., 2020; Khotylev et al., 2020]. The average values and standard deviation are shown in bold.

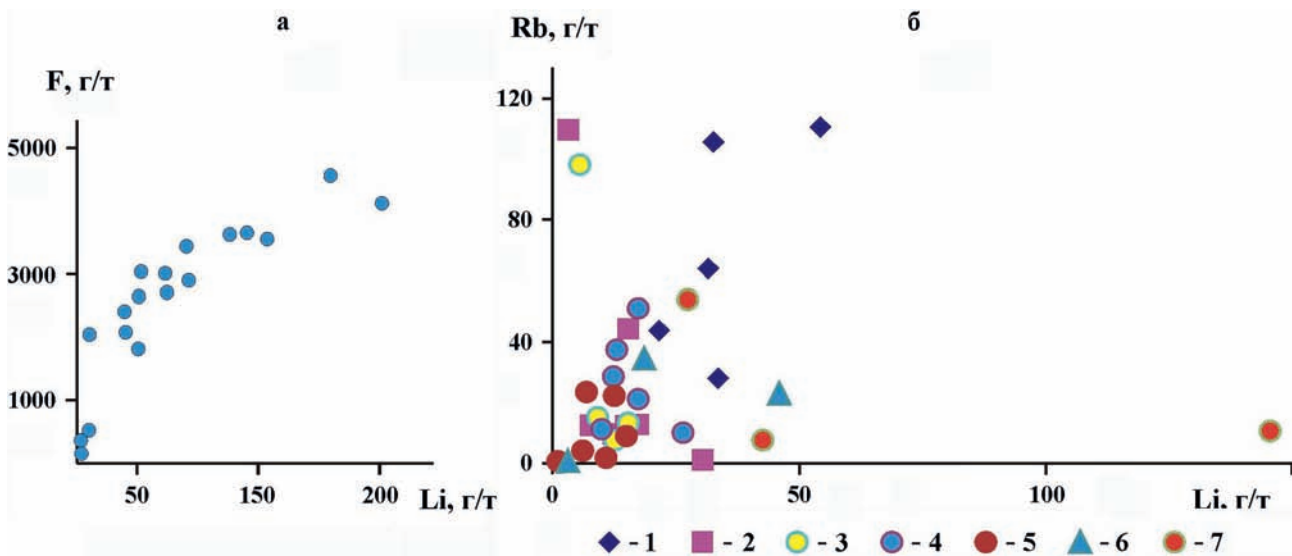


Рис. 2. Связи F с Li во вмещающих породах Кузюнского месторождения (а) (по [Широбокова, 1992]) и Rb с Li в магматических комплексах Башкирского мегантиклинория (б)

Условные обозначения: Магматические комплексы: 1 – Навышский; 2 – Юшинский; 3 – Шатакский; 4 – нерасчлененные Повальненский, Кургасский; 5 – Кусинско-Копанский; 6 – Лапыштинский; 7 – Шуйдинский.

Fig. 2. Relationships between F and Li in the host rocks of the Kuzha deposit (a) (according to [Shirobokova, 1992]) and Rb with Li in the igneous complexes of the Bashkirian meganticlinorium (b)

Legend: Igneous complexes: 1 – Navysh; 2 – Yusha; 3 – Shata; 4 – undivided Povalnensk, Kurgassk; 5 – Kusinsko-Kopansk; 6 – Lapsyshtinsk; 7 – Shuydinsk.

в распределении лития в разрезе и на площади месторождения не обнаружено [Бигнов и др., 2001]. В то же время изучение различных геохимических особенностей флюоритов [Маслов и др., 2001], показало, что ранние генерации серых и фиолетовых флюоритов отлагались из обогащенных фтором эвапоритовых рассолов, а зеленые флюориты, метасоматически замещающие ранние генерации флюорита и селлаит, имели другой источник фтора, предположительно связанный с гранитоидами. Возможно, именно с этим источником связаны повышенные концентрации лития в месторождении.

Заключение

Литий — очень важный для инновационной экономики вид минерального сырья, использование которого в мире постоянно растет вместе с развитием целого ряда современных отраслей промышленности. Накопление ресурсов лития происходило с позднего мезоархея до голоцена. Процесс имел дискретный характер. В самых ранних суперконтинентальных циклах — кенорском, колумбийском и родинийском — возникали месторождения лития только пегматитового типа. Этот тип также основной в пангейском цикле, но небольшая часть ресурсов связана с Li-F гранитами. Текущий амазийский цикл наиболее разнообразен в типах месторождений лития: рассолы в сalaraх наиболее важны, а эпитеpмальные стратиформные залежи, пегматиты и Li-F граниты имеют меньшее значение.

Россия обладает крупными запасами лития, однако расположение сырьевых объектов в экономически неосвоенных районах, комплексность месторождений и, как результат, сложность технологических схем обогащения обуславливают низкую экономическую эффективность их эксплуатации и фактически делают основную часть балансовых запасов лития неактивными.

Приведенные материалы показывают, что рифейские отложения Башкирского мегантиклинория могут быть перспективны на обнаружение повышенных концентраций лития. Выделяются два стратиграфических интервала обогащения пород литием: нижне- и среднерифейский. Первый из них связан с отложениями суранской, второй — авзянской (кужинской) свит. Слабая изученность геохимии лития в рифейских породах Южного Урала диктует проведение дальнейших геологических и геохимических исследований в этом направлении.

Список литературы

Анфимов Л. В. Литогенез в рифейских осадочных толщах Башкирского мегантиклинория (Ю. Урал). Екатеринбург: УрО РАН. 1997. 290 с.

Бигнов Р. М., Макушин А. А., Казаков И. И., Чебан С. Г. Роль глубинной структуры в размещении нефтегазовых, рудных месторождений и новых перспективных зон Республики Башкортостан // Геология и перспективы расширения сырьевой базы Башкортостана и сопредельных территорий. Мат-лы IV Республ. геол. конф. Т. 2. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2001. С. 3–26.

Борисенко Л. Ф., Бурков В. В., Капустин Ю. Л., Минеев Д. А., Овчинников Л. Н., Солодов Н. А., Субботин К. Д., Челищев Н. Ф. Месторождения литофильных редких металлов. М.: Недра. 1980. 559 с.

Боярко Г. Ю., Хатьков В. Ю., Ткачева Е. В. Сырьевой потенциал лития России // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2022. Т. 333, № 12. С. 7–16.

Булах А. Г., Золотарёв А. А., Кривовичев В. Г. Структура, изоморфизм, формулы, классификация минералов. СПб.: Изд-во Санкт-Петербург. ун-та, 2014. 132 с.

Войткевич Г. В., Кокин А. В., Мирошников А. Е., Прохоров В. Г. Справочник по геохимии. М.: Недра, 1990. 480 с.

Гареев Э. З. Геохимия осадочных пород стратотипического разреза рифея. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: ГЕОХИ, 1989. 23 с.

Загорский В. Е., Владимиров А. Г., Макагон В. М., Кузнецова Л. Г., Смирнов С. З., Дьячков Б. А., Анникова И. Ю., Шокальский С. П., Уваров А. Н. Крупные поля сподуменовых пегматитов в обстановках рифтогенеза и постколлизийных сдвигово-раздвиговых деформаций континентальной литосферы // Геология и геофизика. 2014. Т. 55, № 2. С. 303–322.

Зимина Г. В., Потапова А. М., Смирнова И. Н. Избранные главы ХиТРЭ. Химия и технология лития // Учеб. пособие, М.: МИТХТ им. М. В. Ломоносова, 2014. 60 с.

Ежеквартальный бюллетень «Resources and Energy Quarterly March 2021» [Электронный ресурс] // Государственный департамент промышленности, науки, энергетики и ресурсов Австралии (Australian Government, Department of Industry, Science, Energy and Resources). — Режим доступа: <https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2023-10/resources-andenergy-quarterly-september-2023.pdf>, свободный (дата обращения 02.04.2021). Загл. с экрана.

Ковалев С. Г., Высоцкий И. В., Пучков В. Н., Маслов А. В., Гареев Э. З. Геохимическая специализация структурно-вещественных комплексов Башкирского мегантиклинория. Уфа: ДизайнПресс, 2013. 268 с.

Краснобаев А. А., Пучков В. Н., Сергеева Н. Д., Бушарина С. В. Полихронные цирконы вулканитов Навышского комплекса айской свиты нижнего рифея (Южный Урал) // Георесурсы. 2020. Т. 22 (4). С. 101–112. DOI: 10.18599/grs.2020.4.101-112

Кудрявцев П. Г., Кудрявцев Н. П. Литий: ресурсы, добыча и перспективы развития мирового рынка

// Международный научный журнал. Альтернативная энергетика и экология. 2018. № 10–12. С. 70–81.

Курков А. В., Лихникевич Л. Г., Ануфриева С. И., Онтоева Т. Д., Рогожин А. А., Пермьякова Н. А. Современные технологии освоения минерально-сырьевой базы лития // Минеральное сырье. № 35. М.: ВИМС, 2018. 73 с.

Ларионов Н. Н. Геология и рудоносность авзянской терригенно-карбонатной формации среднего рифея на Южном Урале / Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН., 1994. 19 с.

Линде Т. П., Ставров О. Д., Юшко Н. А. Литий России, состояние, перспективы освоения и развитие минерально-сырьевой базы // Минеральное сырье. Серия геолого-экономическая. 2000. № 6. 116 с.

Маслов А. В., Гареев Э. З., Крупенин М. Т., Ковалев С. Г. Литогеохимические особенности глинистых сланцев бакальской свиты нижнего рифея Башкирского мегантиклинория: новые данные // Известия вузов. Геология и разведка. 2013а. № 2. С. 21–29.

Маслов А. В., Гареев Э. З., Крупенин М. Т., Ковалев С. Г. Литогеохимические особенности глинистых сланцев саткинской свиты нижнего рифея Башкирского мегантиклинория: новые данные // Вестник ПГУ. Геология. 2013б. № 1. С. 9–19.

Маслов А. В., Крупенин М. Т., Гареев Э. З., Анфимов Л. В. Рифей западного склона Южного Урала (классические разрезы, седименто- и литогенез, минерагения, геологические памятники природы). Том I. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2001. 351 с.

Маслов А. В., Ножкин А. Д., Подковыров В. Н., Летникова Е. Ф., Туркина О. М., Гражданкин Д. В., Дмитриева Н. В., Ишерская М. В., Крупенин М. Т., Ронкин Ю. Л., Гареев Э. З., Вещева С. В., Лепихина О. П. Геохимия тонкозернистых терригенных пород верхнего докембрия Северной Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 274 с.

Месторождения стратегических и высокотехнологичных металлов Российской Федерации: закономерности размещения, условия формирования, инновационные технологии прогноза и освоения: Научные результаты, полученные при выполнении программы № 1, 48 фундаментальных исследований Президиума РАН / гл. ред. академик РАН Н. С. Бортников; отв. сост. чл.-корр. РАН В. А. Петров. М.: ИГЕМ РАН, 2020. 317 с.

Миронов Ю. Б., Карпунин А. М., Фукс В. З. Эпохи формирования и типы месторождений лития зарубежных стран // Региональная геология и металлогения. 2022. № 92. С. 105–116.

Мичурин С. В., Биктимерова З. Р., Казбулатова Г. М., Горожанин В. М., Султанова А. Г., Карамова А. М., Войкина З. А., Шарипова А. А. Минералогические и геохимические особенности карбонатных пород нижней подсвиты инзерской свиты верхнего рифея в районе д. Толпарово (Южный Урал) // Геологический вестник. 2021. № 1. С. 80–97. DOI: 10.31084/2619–0087/2021-1-8

Мичурин С. В., Султанова А. Г., Казбулатова Г. М., Шарипова А. А., Савельев Д. Е., Горожанин В. М., Карамова А. М., Войкина З. А. Фтор и хлор в карбонатных породах лапыштинской подсвиты суранской свиты нижнего рифея

(Багарыштинский разрез, Южный Урал) // Геологический вестник. 2020. № 3. С. 3–26. DOI: 10.31084/2619–0087/2020-3-1

Мичурин С. В., Шарипова А. А., Казбулатова Г. М., Юлдашбаева В. Ф. Минералогические и геохимические особенности известняков катавской свиты Акташской площади (Ямантауский антиклинорий, Южный Урал) // Геологический вестник. 2022. № 1. С. 83–93. DOI: 10.31084/2619–0087/2022-1-7

Султанова А. Г. Некоторые вопросы геохимии лития // Геология, полезные ископаемые и проблемы геозологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: Материалы / 15-я Межрегиональная научно-практическая конференция, Уфа, 14–17 мая 2024 г. М.: Издательство «Перо», 2024. С. 220–225.

Ткачев А. В., Рундквист Д. В., Вишневецкая Н. А. Эволюционные аспекты металлогении лития: эпохи накопления, типы месторождений и их особенности // Разведка и охрана недр. 2018. № 9. С. 10–18.

Толкушкина Е. А., Торицова М. В., Комин М. Ф. Минерально-сырьевая база лития: проблемы развития и использования // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2012. № 2. С. 2–8.

Холоднов В. В., Бочарникова Т. Д., Шагалов Е. С. Состав, возраст и генезис магнетит-ильменитовых руд среднерифейского стратифицированного Медведевского массива (Кусинско-Копанский комплекс Южного Урала) // Литосфера. 2012. Т. 5. С. 145–165.

Широбокова Т. И. Стратиформное полиметаллическое и баритовое оруденение Урала. Свердловск, УрО АН СССР, 1992. 143 с.

Bradley D., Munk L.-A., Jochens H., Hynek S., Labay K. A Preliminary Deposit Model for Lithium Brines / USGS Open-File Report. 2013. 9 p.

Brigatti M. F., Lugli C., Poppi L., Foord E. E., Kile D. E. Crystal chemical variations in Li- and Fe-rich micas from Pikes Peak batholiths (central Colorado) // American Mineralogist. 2000. V. 85. P. 1275–1286.

Khotylev A. O., Tevelev A. V., Bychkova Ya. V., Latyshev A. V., Anosova M. B. Mezoproterozoic basite magmatism of the Bashkirian meganticlinorium (Southern Urals): age constraints, petrological and geochemical features // Geodynamics & Tectonophysics. 2020. V. 11 (2). P. 219–243. DOI: 10.5800/GT-2020-11-2-0471

Ktalkherman M. G., Emelkin V. A., Pozdnyakov B. A. Production of lithium oxide by decomposition lithium carbonate in the flow of a heat carrier // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2009. V. 43, № 1. P. 88–93.

U. S. Geological Survey, 2019. Mineral commodity summaries 2019: U. S. Geological Survey, 200 p. <https://doi.org/10.3133/70202434>

Nicholson P. Past and future development of the market for lithium in the World aluminium industry // Energy. 1978. V. 3, № 3. P. 243–246.

Lindagato P., Li Y., Macháček, J., Yang G., Mungwarakarama I., Ndahimana A., Ntwali H. P. K. Lithium Metal: The Key to Green Transportation // Appl. Sci.. 2023. V. 13. 405. <https://doi.org/10.3390/app13010405>

Sheets J. New lithium market // Ceramic Engineering and Science Proceedings. 2000. V. 21, № 5. P. 97–99.

Szlugaj J., Radwanek-Bak B. Lithium sources and their current use // Gospodarka surowcami mineralnymi — mineral resources management. 2022. V. 38, № 1. P. 61–88. DOI: 10.24425/gsm.2022.140613

References

Anfimov L. V. (1997) *Litogenez v rifeiskikh osadochnykh tolshchakh Bashkirskogo megantiklinoriya (Yu. Ural)* [Lithogenesis in the Riphean sedimentary strata of the Bashkir meganticlinorium (South Ural)]. UrO RAN Publ., Ekaterinburg, 290 p. (In Russian).

Bignov P. M., Makushin A. A., Kazakov I. I., CHEBAN S. G. (2001) Rol' glubinoj struktury v razmeshchenii neftegazovykh, rudnykh mestorozhdenij i novykh perspektivnykh zon Respubliki Bashkortostan [The role of the deep structure in the placement of oil and gas, ore deposits and new promising zones of the Republic of Bashkortostan]. *Geology and prospects for expanding the raw material base of Bashkortostan and adjacent territories*. Mat-ly IV Respubl. geol. konf. (2). Ufa: IG UNC RAN, 3–26. (In Russian).

Borisenko L. F., Burkov V. V., Kapustin Ju. L., Mineev D. A., Ovchinnikov L. N., Solodov N. A., Subbotin K. D., Chelishhev N. F. (1980) *Mestorozhdenija litofil'nykh redkikh metallov* [Deposits of lithophile rare metals]. Moscow: Nedra, 559 p. (In Russian).

Boyarko G. YU., Hat'kov V. YU., Tkacheva E. V. (2022) Syr'evoj potencial litiya Rossii [Resource potential of lithium in Russia]. *News of Tomsk Polytechnic University. Inzhiniring georesursov*. 333 (12), 7–16. (In Russian).

Bulah A. G., Zolotaryov A. A., Krivovichev V. G. (2014) *Struktura, izomorfizm, formuly, klassifikaciya mineralov* [Structure, isomorphism, formulas, classification of minerals]. SPb.: Izd-vo S.-Peterburg. un-ta., 132 p. (In Russian).

Vojtkевич G. V., Kokin A. V., Miroshnikov A. E., Prohorov V. G. (1990) *Spravochnik po geohimii* [Handbook of Geochemistry]. Moscow: Nedra Publ., Russia, 476 p. (In Russian).

Gareev E. Z. (1989) *Geoximiya osadochnyx porod stratotipicheskogo razreza rifeya*. Avtoreferat Dis. Kand. Nauk [Geochemistry of sedimentary rocks of the stratotypic Riphean section. Cand. Diss. Abstract]. Moscow, 23 p. (In Russian).

Zagorskij V. E., Vladimirov A. G., Makagon V. M., Kuznecova L. G., Smirnov S. Z., D'jachkov B. A., Annikova I. Ju., Shokal'skij S. P., Uvarov A. N. (2014) Krupnye polja spodumennykh pegmatitov v obstanovkakh riftogeneza i postkolizionnykh sdvigoovorazdvigovykh deformacij kontinental'noj litosfery [Large fields of spodumene pegmatites in settings of rifting and post-collision strike-slip deformations of the continental lithosphere]. *Geology and Geophysics*, 55 (2), 303–322. (In Russian).

Zimina G. V., Potapova A. M., Smirnova I. N. (2014) *Izbrannye glavy HiTRRE. Himiya i tekhnologiya litiya* [Selected chapters of HiTRRE. Lithium chemistry and technology]. Ucheb. posobie, M.: MITHT im. M. V. Lomonosova, 60 p. (In Russian).

Ezhekvartal'nyj byulleten' «Resources and Energy Quarterly March 2021» [Elektronnyj resurs]. Gosudarstvennyj departament promyshlennosti, nauki, energetiki i resursov Avstralii (Australian Government, Department of Industry, Science, Energy and Resources). — Rezhim dostupa: <https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2023-10/resources-and-energy-quarterly-september-2023.pdf>, svobodnyj (data obrashcheniya 02.04.2021). Zagl. s ekrana. (In Russian).

Kovalev S. G., Vysotsky I. V., Puchkov V. N., Maslov A. V., Gareev E. Z. (2013) *Geokhimicheskaya spetsializatsiya strukturovoshchestvennykh kompleksov Bashkirskogo megantiklinoriya* [Geochemical specialization of structural-material complexes of the Bashkir meganticlinorium]. DizainPress Publ., Ufa, 268 p. (In Russian).

Krasnobaev A. A., Puchkov V. N., Sergeeva N. D., Busharina S. V. Polikhronnye tsirkony vulkanitov Navyshskogo kompleksa aiskoi svity nizhnego rifeya (Yuzhnyi Ural) [Polychronic zircons from volcanic rocks of the Navysh complex of the Lower Riphean Ai Formation (Southern Urals)]. *Georesursy*. 2020. 22 (4), 101–112 DOI: 10.18599/grs.2020.4.101–112 (In Russian).

Kudrjavcev P. G., Kudrjavcev N. P. (2018) Litij: resursy, dobycha i perspektivy razvitija mirovogo rynka [Lithium: resources, production and prospects for the development of the global market]. *International scientific journal. Alternative energy and ecology*, (10–12), 70–81. (In Russian).

Kurkov A. V., Lihnikovich L. G., Anufrieva S. I., Ontoeva T. D., Rogozhin A. A., Permyakova N. A. (2018) Sovremennye tekhnologii osvoeniya mineral'no-syr'evoj bazy litiya [Modern technologies for developing the lithium mineral resource base]. *Mineral raw materials*. M.: VIMS. (35), 73. (In Russian).

Larionov N. N. (1994) *Geologiya i rudonosnost' avzyanskoj terrigenno-karbonatnoj formacii srednego rifeya na Yuzhnom Urale* [Geology and ore potential of the Avzyan terrigenous-carbonate formation of the Middle Riphean in the Southern Urals]. Avtoref... dis. kand. geol.-min. nauk. Ekaterinburg: IGG UrO RAN. 19 p. (In Russian).

Linde T. P., Stavrov O. D., Jushko N. A. (2000) Litij Rossii, sostojanie, perspektivy osvoeniya i razvitie mineral'no-syr'evoj ba-zy [Lithium in Russia, state, prospects for development and development of the mineral resource base]. *Mineral raw materials. Geological-economic series*. (6), 116 p.

Maslov A. V., Gareev E. Z., Krupenin M. T., Kovalev S. G. (2013a) Litogeohimicheskie osobennosti glinistykh slancev bakal'skoj svity nizhnego rifeya Bashkirskogo megantiklinoriya: novye dannye [Lithochemical features of clayey shales of the Bakal Formation of the Lower Riphean of the Bashkir meganticlinorium: new data]. *News of universities. Geology and exploration*. (2), 21–29. (In Russian).

Maslov A. V., Gareev E. Z., Krupenin M. T., Kovalev S. G. (2013b) Litogeohimicheskie osobennosti glinistykh slancev satkinskoj svity nizhnego rifeya Bashkirskogo megantiklinoriya: novye dannye [Lithochemical features of clayey shales of the Satka Formation of the Lower Riphean of the Bashkir meganticlinorium: new data]. *Vestnik PGU. Geologiya*. (1), 9–19. (In Russian).

Maslov A. V., Krupenin M. T., Gareev E. Z., Anfimov L. V. (2001) *Rifej zapadnogo sklona YUzhnogo Urala (klassicheskie*

- razrezy, sedimento- i litogenez, minerageniya, geologicheskoe pamyatniki prirody*) [Riphean of the western slope of the Southern Urals (classical sections, sedimentation and lithogenesis, minerageny, geological natural monuments)]. Ekaterinburg: IGG UrO RAN. (1), 351 p. (In Russian).
- Maslov A.V., Nozhkin A.D., Podkovyrov V.N., Letnikova E.F., Turkina O.M., Grazhdankin D.V., Dmitrieva N.V., Isherskaja M.V., Krupenin M.T., Ronkin Ju.L., Gareev Je.Z., Veshheva S.V., Lepihina O.P. (2008). *Geohimija tonkozernistyh terrigennyh porod verhnego dokembrija Severnoj Evrazii* [Geochemistry of fine-grained terrigenous rocks of the Upper Precambrian of Northern Eurasia]. Ekaterinburg: UrO RAN, 2008. 274 p. (In Russian).
- Mestorozhdenija strategicheskikh i vysokotekhnologichnykh metallov Rossijskoj Federacii: zakonomernosti razmeshhenija, usloviya formirovaniya, innovacionnye tehnologii prognoza i osvoenija: Nauchnye rezul'taty, poluchennye pri vypolnenii programmy № 1, 48 fundamental'nyh issledovanij Prezidiuma RAN* [Deposits of strategic and high-tech metals of the Russian Federation: patterns of location, formation conditions, innovative technologies for forecasting and development: Scientific results obtained during the implementation of program No. 1, 48 fundamental studies of the Presidium of the Russian Academy of Sciences]. Gl. red. — akademik RAN N. S. Bortnikov. *Otv. Sost. chl.-korr. RAN V. A. Petrov* (2020) Moscow, IGG RAN, 317 p. (In Russian).
- Mironov YU.B., Karpunin A. M., Fuks V. Z. (2022) Epohi formirovaniya i tipy mestorozhdenij litiya zarubezhnyh stran [Epochs of formation and types of lithium deposits in foreign countries]. *Regional geology and metallogeny*. (92), 105–116. (In Russian).
- Michurin S. V., Biktimerova Z. R., Kazbulatova G. M., Gorozhanin V. M., Sultanova A. G., Karamova A. M., Vojkina Z. A., SHaripova A. A. Mineralogicheskie i geohimicheskie osobennosti karbonatnyh porod nizhnej podsvity inzerskoj svity verhnego rifeya v rajone d. Tolparovo (YUzhnyj Ural) (2021) [Mineralogical and geochemical features of carbonate rocks of the lower subformation of the Inzer Formation of the Upper Riphean in the area of the village of Tolparovo (Southern Urals)]. *Geologicheskii vestnik*. (1), 80–97. (In Russian). DOI: 10.31084/2619–0087/2021-1-8
- Michurin S. V., Sultanova A. G., Kazbulatova G. M., Sharipova A. A., Savel'ev D. E., Gorozhanin V. M., Karamova A. M., Voikina Z. A. (2020) Ftor i khlor v karbonatnykh porodakh lapyshtinskoi podsvity suranskoi svity nizhnego rifeya (Bagaryshhtinskii razrez, Yuzhnyi Ural) [Fluorine and chlorine in carbonate rocks of the Lapyshtinsky subformation of the Suransky formation of the Lower Riphean (Bagaryshhtinsky section, Southern Urals)]. *Geologicheskii vestnik*. (3), 3–26. (In Russian). DOI: 10.31084/2619–0087/2020-3-1
- Michurin S. V., Sharipova A. A., Kazbulatova G. M., Yuldashbaeva V. F. (2022) Mineralogicheskie i geohimicheskie osobennosti izvestnyakov katavskoj svity Aktashskoj ploschadi (YAmantavskij antiklinorij, YUzhnyj Ural) [Mineralogical and geochemical features of limestones of the Katav formation of the Aktash area (Yamantav anticlinorium, Southern Urals)]. *Geologicheskii vestnik*. (1), 83–93. (In Russian). DOI: 10.31084/2619–0087/2022-1-7
- Sultanova A. G. (2024) Nekotorye voprosy geohimii litiya [Some questions of lithium geochemistry]. *Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geoekologii Bashkortostana, Urala i sopredel'nyh territorij: Materialy / 15-ya Mezhhregional'naya nauchno-prakticheskaya konferenciya, Ufa, 14–17 maya 2024 g.* Moskva: Izdatel'stvo «Pero», 220–225. (In Russian)
- Tkachev, A. V., Rundkvist D. V., Vishnevskaya N. A. (2018) Evolyucionnye aspekty metallogenii litiya: epohi nakopleniya, tipy mestorozhdenij i ih osobennosti [Evolutionary aspects of lithium metallogeny: accumulation epochs, types of deposits and their features]. *Razvedka i ohrana nedr*. (9), 10–18. (In Russian).
- Tolkushkina E. A., Torikova M. V., Komin M. F. (2012) Mineral'no-syr'evaya baza litiya: problemy razvitiya i ispol'zovaniya [Lithium mineral resource base: problems of development and use]. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie*. (2), 2–8. (In Russian).
- Holodnov V. V., Bocharnikova T. D., SHagalov E. S. (2012) Sostav, vozrast i genezis magnetit-il'menitovyh rud srednerifejskogo stratificirovannogo Medvedevskogo massiva (Kusinsko-Kopanskij kompleks YUzhnogo Urala) [Composition, age and genesis of magnetite-ilmenite ores of the Middle Riphean stratified Medvedevsky massif (Kusinsky-Kopansky complex of the Southern Urals)]. *Litosfera*. (5), 145–165.
- Shirobokova T. I. (1992) *Stratiformnoe polimetallicheskoje i baritovoe orudenenie Urala* [Stratiform polymetallic and barite mineralization of the Urals]. Sverdlovsk, UrO AN SSSR, 137 p. (In Russian).
- Bradley D., Munk L.-A., Jochens H., Hynek S., Labay K. A. (2013) *Preliminary Deposit Model for Lithium Brines / USGS Open-File Report*. 9 p.
- Brigatti M. F., Lugli C., Poppi L., Foord E. E., Kile D. E. (2000) Crystal chemical variations in Li- and Fe-rich micas from Pikes Peak batholiths (central Colorado). *American Mineralogist*. 85, 1275–1286.
- Khotylev A. O., Tevelev A. V., Bychkova Ya. V., Latyshev A. V., Anosova M. B. (2020) Mezoproterozoic basite magmatism of the Bashkirian meganticlinorium (Southern Urals): age constraints, petrological and geochemical features. *Geodynamics & Tectonophysics*. 11 (2), 219–243. DOI: 10.5800/GT-2020-11-2-0471
- Ktalkherman M. G., Emelkin V. A., Pozdnyakov B. A. (2009) Production of lithium oxide by decomposition lithium carbonate in the flow of a heat carrier. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. 43 (1), 88–93.
- U. S. Geological Survey, 2019. Mineral commodity summaries 2019: U. S. Geological Survey, 200 p. <https://doi.org/10.3133/70202434>
- Nicholson P. (1978) Past and future development of the market for lithium in the World aluminium industry. *Energy*. 3 (3), 243–246.
- Lindagato P., Li Y., Macháček J., Yang G., Mungwarakarama I., Ndahimana A., Ntwali H. P. K. (2023) Lithium Metal: The Key to Green Transportation. *Appl. Sci*. 13 (1), 405. <https://doi.org/10.3390/app13010405>
- Sheets J. (2000) New lithium market. *Ceramic Engineering and Science Proceedings*. 21 (5), 97–99.
- Sluzgaj J., Radwanek-Bąk B. (2022) Lithium sources and their current use. *Gospodarka surowcami mineralnymi — mineral resources management*. 38 (1), 61–88. DOI: 10.24425/gsm.2022.140613

Сведения об авторах:

Султанова Анна Геннадиевна, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. anna_zakharova.ig@mail.ru

Мичурин Сергей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. s_michurin@mail.ru

About the authors:

Sultanova Anna Gennadiievna, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. anna_zakharova.ig@mail.ru

Michurin Sergey Vasilevich, PhD in Geologo-mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. s_michurin@mail.ru

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.*

Статья поступила в редакцию 03.06.2024; одобрена после рецензирования 03.06.2024; принята к публикации 22.07.2024.

The article was submitted 03.06.2024; approved after reviewing 03.06.2024; accepted for publication 22.07.2024.

Научная статья

УДК 551

DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-7

ТОНКОЗЕРНИСТЫЕ ОБЛОМОЧНЫЕ ПОРОДЫ ШЕЛЬФОВЫХ И ТУРБИДИТОВЫХ ОСАДОЧНЫХ АССОЦИАЦИЙ: ПОЛОЖЕНИЕ ТОЧЕК СОСТАВА НА РАЗЛИЧНЫХ ДИСКРИМИНАНТНЫХ ДИАГРАММАХ

А. В. Маслов

Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450077, г. Уфа, ул. К. Маркса, 16/2, amas2004@mail.ru

На основе анализа обширных выборок тонкозернистых обломочных/глинистых пород шельфовых (~550 анализов) и турбидитовых (~220 анализов) осадочных последовательностей различного возраста, являющихся породами первого седиментационного цикла, показано, что принципиальные различия в генезисе/особенностях накопления названных осадочных образований не оказали существенного влияния на их геохимические характеристики.

Ключевые слова: глинистые породы, шельфовые (прибрежно- и мелководно-морские) и турбидитовые осадочные последовательности, дискриминантные диаграммы

Благодарности: автор искренне признателен всем, кто в разные годы и в разных странах обратился к анализу литогеохимических характеристик терригенных пород, данные о которых использованы при подготовке настоящего сообщения.

Original article

FINE-GRAINED CLASTIC ROCKS OF SHELF AND TURBIDITE SEDIMENTARY ASSOCIATIONS: POSITION OF DATA POINTS ON VARIOUS DISCRIMINANT DIAGRAMS

A. V. Maslov

Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, 16/2, K. Marx St., Ufa, 450077, Russia, amas2004@mail.ru

Based on the investigation of fine-grained clastic/clayey rocks of shelf (~550 analyses) and turbidite (~220 analyses) sedimentary sequences of various ages, which are rocks of the first sedimentation cycle, it is shown that fundamental differences in the genesis/mode of accumulation of these sedimentary formations did not have a significant influence on their geochemical characteristics.

Keywords: clayey rocks, shelf (near-shore and shallow-marine) and turbidite sedimentary sequences, discriminant diagrams

Acknowledgements: The author is sincerely grateful to all those who, in different years and in different countries, turned to the analysis of lithogeochemical characteristics of terrigenous rocks, data about which were used in preparing this article.

Для цитирования: Маслов А. В. Тонкозернистые обломочные породы шельфовых и турбидитовых осадочных ассоциаций: положение точек состава на различных дискриминантных диаграммах // Геологический вестник. 2024. №2. С. 81–89. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-7

For citation: Maslov A. V. (2024) Fine-grained clastic rocks of shelf and turbidite sedimentary associations: position of data points on various discriminant diagrams. *Geologicheskii vestnik*. 2024. No. 2. P. 81–89. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-7

© А. В. Маслов, 2024

Введение

Многолетняя кропотливая работа с геохимическими данными по нескольким хорошо знакомым объектам, предполагающая использование примерно одних и тех же дискриминантных диаграмм, может привести исследователя к определенному самообману. Часто он уже заранее знает куда на диаграммах «лягут фигуративные точки», а следовательно — каким был состав петрофонда, а может быть даже и (о, ужас!) палеоклимат... Иногда он перестает принимать в расчет то, что в составе комплексов пород на палеоводосборах могли быть, скажем, известняки (последние же никак не отражаются на применяемых парных и тройных диаграммах!). Локализация точек состава песчаников и глинистых пород в определенных полях определенных диаграмм дает исследователю основание для вывода о преобладании/доминировании в областях питания магматических или метаморфических пород кислого состава. При этом то, что продукты размыва основных, а более того — ультраосновных, магматических пород, которые также могли слагать какие-то части палеоводосборов, при транспортировке «не выживают/исчезают» и, соответственно, не фиксируются в осадочных последовательностях (мы не берем тут во внимание такие весьма специфические объекты, как осадочных и вулканогенно-осадочных толщи архея), также ускользает от внимания специалиста при рутинной работе на привычных объектах.

Уже больше 20 лет я занимаюсь, в том числе геохимией тонкозернистых алюмосиликокластических пород (аргиллитов, глинистых сланцев и мелкозернистых глинистых алевролитов) рифея и венда Южного и Среднего Урала. Все эти годы, львиная доля точек состава аргиллитов и глинистых сланцев привычно концентрировалась на диаграмме La/Sc — Th/Co [Cullers, 2002] в области значений, характерных для продуктов размыва кислых магматических пород... концентрировалась и концентрировалась.... Но однажды все-таки приходит вопрос — это всегда так? Или это свойственно только продуктам размыва геохимически достаточно зрелого цоколя Восточно-Европейской платформы? И характерно для прибрежно- и мелководно-морских осадочных последовательностей, слагающих типовой разрез рифея и другие, подобные ему осадочных образования? Может быть для турбидитов, сложенных продуктами размыва иных породных ассоциаций, и накапливавшихся в принципиально иных (глубоководных, страшных и темных) обстановках, этот не так?

Как найти ответ на данный вопрос? Можно сделать это предельно скрупулезно сопоставляя различные средневзвешенные числа для тех или иных территорий, принимая во внимание возраст объектов, эволюцию со временем состава пород на палеоводосборах и проч. Но у нас таких данных под руками нет, как нет их, скорее всего, у многих... Остается самый простой («на глазок»/аналоговый ((((... покривятся знатоки современной цифры) способ — собрать по возможности много много аналитики для прибрежных и глубоководных толщ и посмотреть, как распределяются фигуративные точки на разных, широко используемых многими авторами, диаграммах.

Именно этот способ мы и используем далее.

Фактический материал

Характеристика глинистых пород (остановимся здесь на данных именно для них) прибрежно- и мелководно-морских осадочных последовательностей разного возраста основывается на аналитических данных, приведенных в публикациях [Маслов, 2012; Маслов, Мельничук, 2023; Маслов, Подковыров, 2023; Маслов, Подковыров, 2024], для отложений венда запада Восточно-Европейской платформы (от Подольского Приднестровья до окрестностей г. Санкт-Петербург), рифейских толщ Башкирского мегантиклинория Южного Урала и Камско-Бельского авлакогена востока Восточно-Европейской платформы, а также разнообразных неопротерозойско-фанерозойских осадочных последовательностей. Всего эта выборка включает почти 550 индивидуальных анализов.

Для анализа глубоководных тонкозернистых обломочных пород широкого возрастного диапазона использованы данные о литогеохимических особенностях глинистых пород, слагающих турбидитовые/флишевые толщи пассивных и активных континентальных окраин различного возраста [McLennan et al., 1990], поздненеопротерозойской формации Puncoviscana, СЗ Аргентина [Do Campo, Guevara, 2005], триасового флиша бассейна Songpan–Ganzi, западный Китай [She et al., 2006], раннепалеозойской флишевой последовательности северо-западной части Китайского Алтая [Long et al., 2012], турбидитовых толщ эдиакария-раннего кембрия, формация Puncoviscana, Восточные Сьерра-Пампа, Северо-Западная Аргентина [Piñán-Llamas, Escamilla-Casas, 2013], формации Upper Disang (ранний кайнозой), шт. Нагаленд, Индия [Imchen et al., 2014], турбидитовых бассейнов

раннего палеозоя Горного Алтая [Крук, 2015], Бельской впадины Предуральского предгорного прогиба, ассельский, сакмарский, артинский ярусы [Литогеохимия. . ., 2015], ниже-среднемиоценового флиша бассейна Zoumi, Марокко [El Mourabet et al., 2018], формаций Semanggol и Semantan, триас, п-в Малайзия [Baioumy et al., 2020], формации Belaga серии Rajang (поздний мел-поздний эоцен), Центральный Саравак, Северо-Западный Калимантан [Ahmed et al., 2020] и турбидитовой последовательности нижнего мела (серия Laiyang) о-ва Lingshan [Ma et al., 2022]. Выбор указанных объектов не был связан с какими-либо определенными обстоятельствами. В основном это работы, которые можно найти при самом грубом/первом поиске в Интернете, а также публикации, выбранные из приведенных в них списков литературы. «Турбидитовая» выборка включает около 220 индивидуальных анализов (это и турбидиты различных субобстановок вулканических дуг, и турбидиты пассивных континентальных окраин и турбидиты предгорных прогибов). Никакой предварительной селекции аналитики по содержанию оксида кремния не проводилось. Из англоязычных работ выбраны данные для пород, имевших названия «shale», «black shale», «pelites», «mudrock», «slate», «muds», «mudstones» и «metapelites». Приведенные в оригинальных публикациях таблицы с аналитическими данными переведены в джи-пег формат, распознаны с помощью программы ABBYY FineReader и сведены в единую эксель-таблицу. Несмотря на предельную простоту перечисленных операций, весь процесс занял порядка 4х дней, неспешной, правда, работы.

В использовании литературного аналитического материала есть один несомненный плюс. Это аналитика, полученная в разные годы в разных лабораториях. Это аналитика, прошедшая как через собственно руки исследователей, ее опубликовавших, так и успешно миновавшая взгляд рецензентов. Ее можно считать достаточно надежной в отличие от цифр, получаемых из рук аналитиков, заведомо знающих, что с этими цифрами далеко не все в порядке.

Итак, посмотрим, что получилось в итоге.

Обсуждение фактического материала

Глинистые породы, слагающие прибрежно- и мелководно-морские (далее для простоты написания — шельфовые) последовательности разного возраста, аналитические данные для которых

мы используем, на диаграмме $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ — $\log(\text{Fe}_2\text{O}_3^*/\text{K}_2\text{O})$ [Herron, 1988] в основном сосредоточены в классификационных полях сланцев и Fe-сланцев, а также вакк (в данном случае можно считать, что это мелкозернистые глинистые алевролиты). Точки состава глинистых пород турбидитовых последовательностей на данном графике за редким исключением присутствуют в этих же полях (рис. 1). Таким образом, принципиальной разницы в составе глинистых пород двух рассматриваемых нами аналитических выборок нет.

Исходя из свойственных глинистым породам прибрежно- и мелководно-морских осадочных последовательностей, с одной стороны, и турбидитовых толщ, с другой, значений Zr/Sc и Th/Sc можно сделать вывод, что и те и другие сложены преимущественно породами первого седиментационного цикла, т. е. их литогеохимические характеристики контролируются в основном составом пород-источников тонкой алюмосиликокластики (рис. 2). Следовательно, генезис осадочных толщ (принадлежность их к шельфовым в широком смысле этого термина и глубоководным турбидитовым обстановкам), на литогеохимические характеристики рассматриваемых нами глинистых пород не влияет.

На диаграмме La/Sc — Th/Co [Cullers, 2002] фигуративные точки глинистых пород и шельфовых и турбидитовых осадочных последовательностей также расположены примерно одинаково (рис. 3). Они присутствуют как в классификационном поле данной диаграммы «Область значений, характерных для продуктов размыва кислых магматических пород», так и расположены в области заметно меньших величин Th/Co, сопоставимых с теми, что характерны для продуктов размыва основных магматических пород. Но при этом и тем и другим присущи значения $\text{La}/\text{Sc} > 0.50$, что «уводит» точки состава глинистых пород с $\text{Th}/\text{Co} < 0.30$ из классического поля основной алюмосиликокластики, описываемого значениями $0.01 < \text{Th}/\text{Co} < 0.08$ и $0.01 < \text{La}/\text{Sc} < 0.25$. Подавляющее большинство фигуративных точек обеих выборок расположено на диаграмме La/Sc — Th/Co по сути дела на линии смешения между средними точками базальтов позднего протерозоя и гранитов протерозоя (все по [Condie, 1993]). Таким образом, даже «на глазок» достаточно очевидно, что и на данном графике принципиальной разницы между геохимическими характеристиками глинистых пород обеих сопоставляемых нами аналитических выборок, нет.

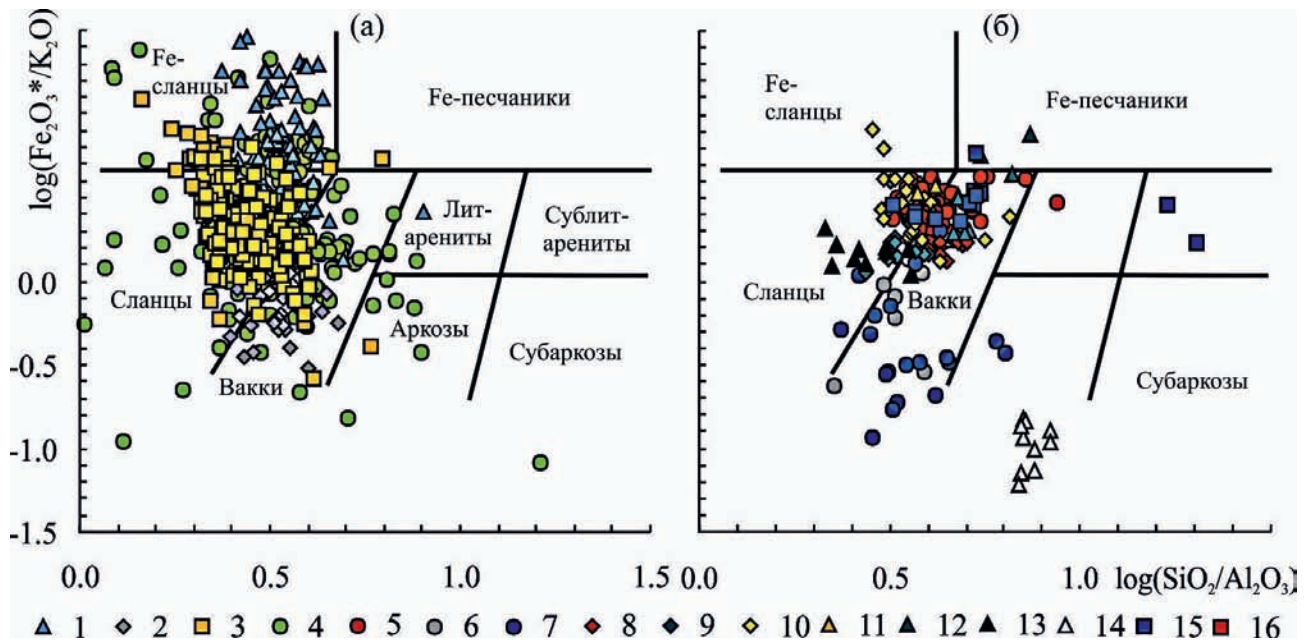


Рис. 1. Положение фигуративных точек глинистых пород шельфовых (а) и турбидитовых (б) ассоциаций на диаграмме $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3) - \log(\text{Fe}_2\text{O}_3^*/\text{K}_2\text{O})$

Условные обозначения: 1 – рифей Южного Урала [Маслов, Подковыров, 2023]; 2 – рифей Камско-Бельского авлакогена [Маслов, 2012]; 3 – венд запада Восточно-Европейской платформы [Маслов, Подковыров, 2024]; 4 – неопротерозойско-фанерозойские осадочные последовательности мира [Маслов, Мельничук, 2023]; 5 – нижней мел (серия Laiyang) о-ва Lingshan [Ma et al., 2022]; 6 – поздний мел-поздний эоцен, Северо-Западный Калимантан [Ahmed et al., 2020]; 7 – триас, п-в Малайзия [Baioumy et al., 2020]; 8 – поздний неопротерозой, формация Puncoviscana, Аргентина [Do Campo, Guevara, 2005]; 9 – нижний средней миоцен, бассейн Zoumi, Марокко [El Mourabet et al., 2018]; 10 – турбидитовые толщи пассивных и активных континентальных окраин различного возраста [McLennan et al., 1990]; 11 – ранний палеозой Горного Алтая [Крук, 2015]; 12 – триас, бассейн Songpan – Ganzi, западный Китай [She et al., 2006]; 13 – эдиакарий-ранний кембрий, формация Puncoviscana, Аргентина [Piñán-Llamas, Escamilla-Casas, 2013]; 14 – формация Upper Disang, ранний кайнозой, Индия [Imchen et al., 2014]; 15 – ранний палеозой, Китайский Алтай [Long et al., 2012]; 16 – ассельский, сакмарский и артинский ярусы, Бельская впадина, Предуральский предгорный прогиб [Литогеохимия..., 2015].

Fig. 1. Position of data points of clayey rocks of shelf (a) and turbidite (b) associations on the $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3) - \log(\text{Fe}_2\text{O}_3^*/\text{K}_2\text{O})$ diagram

Legend: 1 – Riphean, Southern Urals [Maslov, Podkovyrov, 2023]; 2 – Riphean, Kama-Belsk aulacogen [Maslov, 2012]; 3 – Vendian, western part of the East European Platform [Maslov, Podkovyrov, 2024]; 4 – Neoproterozoic-Phanerozoic sedimentary sequences [Maslov, Melnichuk, 2023]; 5 – Lower Cretaceous (Laiyang series), Lingshan Island [Ma et al., 2022]; 6 – Late Cretaceous-Late Eocene, North-West Kalimantan [Ahmed et al., 2020]; 7 – Triassic, Malaysia Peninsula [Baioumy et al., 2020]; 8 – Late Neoproterozoic, Puncoviscana formation, Argentina [Do Campo, Guevara, 2005]; 9 – Lower-Middle Miocene, Zoumi Basin, Morocco [El Mourabet et al., 2018]; 10 – turbidite deposits of passive and active continental margins of various ages [McLennan et al., 1990]; 11 – Early Paleozoic, Altai Mountains [Kruk, 2015]; 12 – Triassic, Songpan – Ganzi basin, western China [She et al., 2006]; 13 – Ediacaran-Early Cambrian, Puncoviscana Formation, Argentina [Piñán-Llamas, Escamilla-Casas, 2013]; 14 – Upper Disang Formation, Early Cenozoic, India [Imchen et al., 2014]; 15 – Early Paleozoic, Chinese Altai [Long et al., 2012]; 16 – Asselian, Sakmarian and Artinskian stages, Belsk depression, Preuralian foredeep [Lithogeochemistry..., 2015].

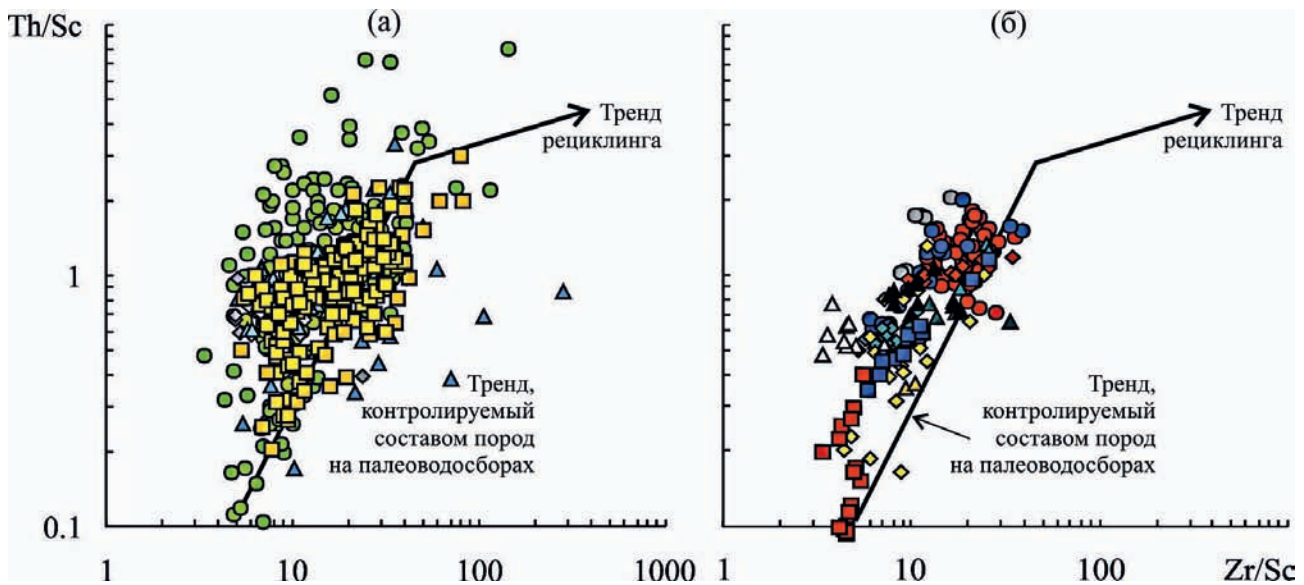


Рис. 2. Положение точек состава глинистых пород шельфовых (а) и турбидитовых (б) ассоциаций на диаграмме Zr/Sc — Th/Sc [McLennan et al., 1993]

Условные обозначения см. рис. 1.

Fig. 2. Position of data points of clayey rocks of shelf (a) and turbidite (б) associations on the Zr/Sc — Th/Sc diagram [McLennan et al., 1993]

Legend see Fig. 1.

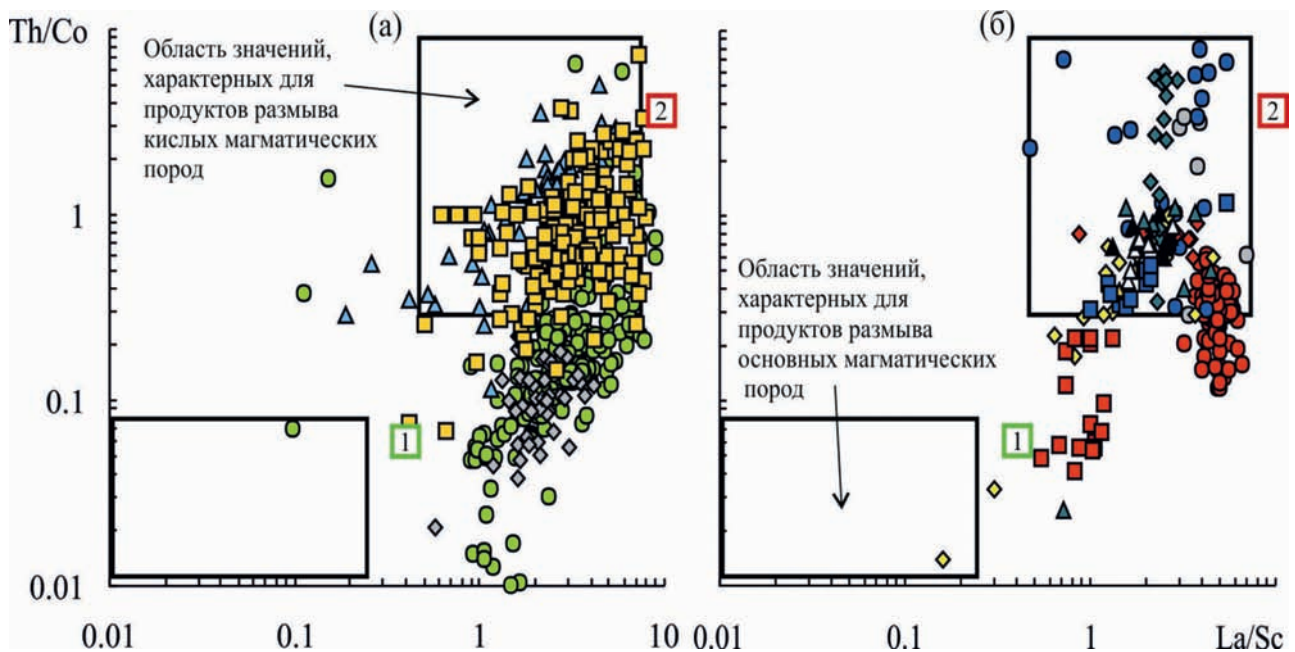


Рис. 3. Положение точек состава глинистых пород шельфовых (а) и турбидитовых (б) ассоциаций на диаграмме La/Sc — Th/Co

Условные обозначения: Зеленый квадратик с цифрой 1 внутри – средняя точка базальтов позднего протерозоя, красный квадратик с цифрой 2 внутри – средняя точка гранитоидов протерозоя, все по [Condie, 1993]. Остальные условные обозначения см. рис. 1.

Fig. 3. Position of data points of clayey rocks of shelf (a) and turbidite (б) associations on the La/Sc — Th/Co diagram

Legend: The green square with the number 1 inside is the average point of the Late Proterozoic basalts, the red square with the number 2 inside is the average point of the Proterozoic granitoids, all according to [Condie, 1993]. Legend see Fig. 1.

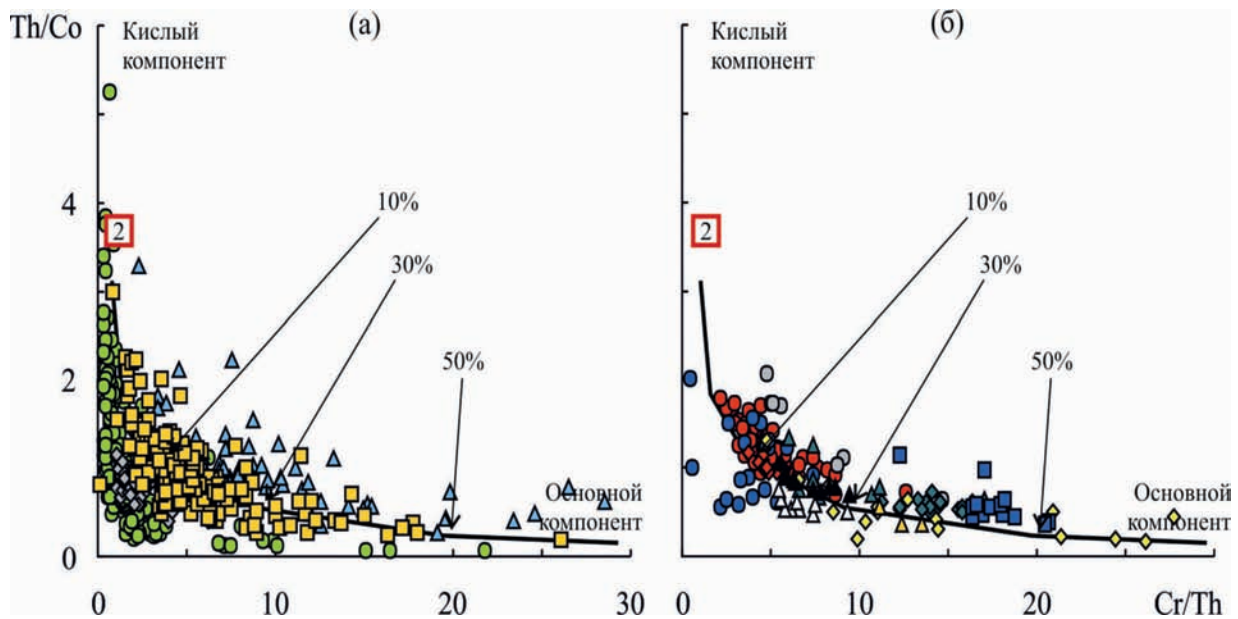


Рис. 4. Распределение фигуративных точек глинистых пород шельфовых (а) и турбидитовых (б) ассоциаций на диаграмме Cr/Th — Th/Co

Условные обозначения см. рис. 1 и 3.

Fig. 4. Distribution of data points of clayey rocks of shelf (a) and turbidite (б) associations on the Cr/Th — Th/Co diagram

Legend see fig. 1 and 3.

Нет ее и на диаграмме Cr/Th — Th/Co [Condie, Wronkiewicz, 1990; Bracciali et al., 2007] (рис. 4). Подавляющее большинство точек состава глинистых пород мелководных шельфовых осадочных последовательностей расположено на рассматриваемой диаграмме в области составов с содержанием основного компонента не более 40%. При этом часть образцов глинистых пород прибрежно- и мелководно-морских обстановок (те, для которых $Th/Co > 2.0$), по-видимому, вообще сложена только тонкой кислой алюмосиликокластикой. Среди глинистых пород турбидитовых последовательностей такие различия отсутствуют. В этом, пожалуй, и состоят все отличия рассматриваемых нами аналитических выборок.

Заключение

Пытаясь ответить на достаточно простой вопрос о характере распределения на диаграмме La/Sc — Th/Co точек состава тонкозернистых обломочных/глинистых пород шельфовых и турбидитовых, т. е., с одной стороны, прибрежных/проксимальных по отношению к источникам сноса, а, с другой стороны, глубоководных, и, вероятно, дистальных по отношению к источникам тонкой алюмосиликокластики

ассоциаций, мы, в общем-то, предполагали (т. к. генезис в широком смысле названных ассоциаций разных — первые представляют результат размыва преимущественно платформенных комплексов, вторые — периостроводужных ассоциаций, а также комплексов пород пассивных и активных континентальных окраин) увидеть заметные различия в распределении фигуративных точек тех и других на названном графике. Однако, этого не случилось. Сходство в распределении фигуративных точек глинистых пород шельфовых и турбидитовых ассоциаций наблюдается и на ряде других, рассмотренных нами графиков. В какой-то мере оно может быть обусловлено тем обстоятельством, что среди турбитовых толщ, аналитика для глинистых пород которых использована при сравнении, присутствуют не только периостроводужные последовательности. Но в целом представляется, что указанное сходство контролируется некими более общими причинами, одна из которых — сходство минерального и химического состава исследованных глинистых пород, определяемое для них, как для пород первого седиментационного цикла, составом пород питающих провинций. Последние же с течением времени приобретают, как известно, все более сходные черты [Ронов, 1993].

Список литературы

- Крук Н. Н. Континентальная кора Горного Алтая: этапы формирования и эволюции, индикаторная роль гранитоидов // Геология и геофизика. 2015. Т. 56. № 8. С. 1403–1423. DOI: 10.15372/gig20150801
- Маслов А. В. Литогеохимия терригенных пород верхнего докембрия Волго-Уральской области. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2012. 248 с.
- Маслов А. В., Мельничук О. Ю. Существуют ли ограничения при реконструкции категорий рек, связанные с появлением высшей растительности? // Литология и полезные ископаемые. 2023. № 1. С. 69–95.
- Маслов А. В., Мизенс Г. А., Бабида Л. В., Крупенин М. Т., Вовна Г. М., Киселёв В. И., Ронкин Ю. Л. Литогеохимия терригенных ассоциаций южных впадин Предуралья / Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2015. 308 с.
- Маслов А. В., Подковыров В. Н. Венд и ранний кембрий юго-запада, запада и северо-запада Восточно-Европейской платформы: категории речных систем, формировавших осадочные последовательности // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2024. В печати.
- Маслов А. В., Подковыров В. Н. Интенсивность химического выветривания в позднем докембрии: новые данные по стратотипу рифея (Южный Урал) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2023. Т. 31. № 2. С. 109–124.
- Ронов А. Б. Стратисфера, или осадочная оболочка Земли (количественное исследование). М.: Наука, 1993. 144 с.
- Ahmed N., Siddiqui N. A., Ramasamy N., Ramkumar M., Jamil M., Usman M., Sajid Z., Bin Abd Rahman A. H. Geochemistry of Eocene Bawang Member turbidites of the Belaga Formation, Borneo: Implications for provenance, palaeoweathering, and tectonic setting // Geological Journal. 2020. P. 2477–2499. <https://doi.org/10.1002/gj.4062>
- Baioumy H., Lehmann B., Ahmed Mohamed Ahmed Salim, Khaled Al-Kahtany, Abdelbaset El-Sorogy Geochemical characteristics of black shales from Triassic turbidites, Peninsular Malaysia: Implications for their origin and tectonic setting // Marine and Petroleum Geology. 2020. V. 113. 104137. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2019.104137>
- Braccialli L., Marroni M., Pandolfi L., Rocchi S. Geochemistry and petrography of Western Tethys Cretaceous sedimentary covers (Corsica and Northern Apennines): from source areas to configuration of margins // Sedimentary Provenance and Petrogenesis: Perspectives from Petrography and Geochemistry / Arribas J., Critelli S., Johnsson M. J. (Eds). Geol. Soc. Am. Spec. Pap. 2007. Vol. 420. P. 73–93. DOI: 10.1130/2006.2420 (06)
- Condie K. C. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales // Chemical Geology. 1993. V. 104. P. 1–37. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(93\)90140-E](https://doi.org/10.1016/0009-2541(93)90140-E)
- Condie K. C., Wronkiewicz D. A. The Cr/Th ratio in Precambrian pelites from the Kaapvaal Craton as an index of craton evolution // Earth and Planetary Science Letters. 1990. V. 97. P. 256–267. DOI: 10.1016/0012-821X(90)90046-Z
- Cullers R. L. Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions, and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo, CO, USA // Chemical Geology. 2002. V. 191. P. 305–327. DOI: 10.1016/S0009-2541(02)00133-X
- Do Campo M., Guevara S. R. Provenance analysis and tectonic setting of late Neoproterozoic metasedimentary successions in NW Argentina // Journal of South American Earth Sciences. 2005. V. 19. P. 143–153. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2005.01.003>
- El Mourabet M., Barakat A., Zaghloul M. N., El Baghdadi M. Geochemistry of the Miocene Zoumi flysch thrust-top basin (External Rif, Morocco): new constraints on source area weathering, recycling processes, and paleoclimate conditions // Arabian Journal of Geosciences. 2018. V. 11. 126. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3465-y>
- Herron M. M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data // Journal of Sedimentary Research. 1988. V. 58. P. 820–829. <https://doi.org/10.1306/212F8E77-2B24-11D7-8648000102C1865D>
- Imchen W., Thong G. T., Pongen T. Provenance, tectonic setting and age of the sediments of the Upper Disang Formation in the Phek District, Nagaland // Journal of Asian Earth Sciences. 2014. V. 88. P. 11–27. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2014.02.027>
- Long X., Yuan C., Sun M., Xiao W., Wang Y., Cai K., Jiang Y. Geochemistry and Nd isotopic composition of the Early Paleozoic flysch sequence in the Chinese Altai, Central Asia: Evidence for a northward-derived mafic source and insight into Nd model ages in accretionary orogen // Gondwana Research. 2012. V. 22. P. 554–566. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2011.04.009>
- Ma Q., Zhou Y., Mu H., Zhou T., Zhao H., Yin X., Liu Y. Geochemistry of the Laiyang Group from outcrops and Lingke-1 core on Lingshan Island Shandong Province, Eastern China: Implications for provenance, tectonic setting, and paleoenvironment // Geological Magazine. 2022. V. 159. P. 37–54. DOI: 10.1017/S0016756821000819
- McLennan S. M., Hemming S. R., McDaniel D. K., Hanson G. N. Geochemical approaches to sedimentation, provenance and tectonics // Processes controlling the composition of clastic sediments / Johnsson M. J., Basu A. (Eds). Geological Society of America. Special Paper. 1993. Vol. 284. P. 21–40. DOI: 10.1130/SPE284-p21
- McLennan S. M., Taylor S. R., McCulloch M. T., Maynard J. B. Geochemical and Nd-Sr isotopic composition of deep-sea turbidites: Crustal evolution and plate tectonic associations // Geochimica et Cosmochimica Acta. 1990. V. 54. P. 2015–2050. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(90\)90269-Q](https://doi.org/10.1016/0016-7037(90)90269-Q)
- Piñán-Llamas A., Escamilla-Casas J. C. Provenance and tectonic setting of Neoproterozoic to Early Cambrian metasedimentary rocks from the Cordillera Oriental and Eastern Sierras Pampeanas, NW Argentina // Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. 2013. V. 65. P. 373–395. <https://www.jstor.org/stable/24921233>
- She Z., Ma C., Mason R., Li J., Wang G., Lei Y. Provenance of the Triassic Songpan — Ganzi flysch, west China // Chemical Geology. 2006. V. 231. P. 159–175. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2006.01.001>

References

- Kruk N. N. (2015) Continental crust of the Altai Mountains: stages of formation and evolution, indicator role of granitoids. *Geologiya i geofizika* [Geology and Geophysics], 56, 1403–1423. (In Russian).
- Maslov A. V. (2012) *Litogeokhimiya terrigennykh porod verkhnego dokembriya Volgo-Ural'skoi oblasti* [Lithochemistry of terrigenous rocks of the Upper Precambrian of the Volga-Ural region]. Ekaterinburg: RIO Ural Branch of RAS, 248 p. (In Russian).
- Maslov A. V., Melnichuk O. Yu. (2023) Sushchestvuyut li ogranicheniya pri rekonstruktsii kategorii rek, svyazannye s povavlenniem vysshei rastitel'nosti? [Are there any restrictions in the reconstruction of river categories associated with the appearance of higher vegetation?] *Lithology and mineral resources*, (1), 69–95. (In Russian).
- Maslov A. V., Mizens G. A., Badida L. V., Krupenin M. T., Vovna G. M., Kiselev V. I., Ronkin Yu. L. *Litogeokhimiya terrigennykh assotsiatsii yuzhnykh vpadin Predural'skogo progiba* [Lithochemistry of terrigenous associations of the southern depressions of the Cis-Ural trough]. Ekaterinburg: IGG UrO RAN, 2015. 308 p. (In Russian).
- Maslov A. V., Podkovyrov V. N. (2024) Vend i rannii kembrii yugo-zapada, zapada i severo-zapada Vostochno-Evropeiskoi platformy: kategorii rechnykh sistem, formirovavshikh osadochnye posledovatel'nosti [Vendian and early Cambrian of the southwest, west and north-west of the East European Platform: categories of river systems that formed sedimentary sequences]. *Stratigraphy. Geological correlation*, In press. (In Russian).
- Maslov A. V., Podkovyrov V. N. (2023) Intensivnost' khimicheskogo vyvetrivanija v pozdnem dokembrii: novye dannye po stratotipu rifeya (Yuzhnyi Ural) [Intensity of chemical weathering in the Late Precambrian: new data on the Riphean stratotype (Southern Urals)]. *Stratigraphy. Geological Correlation*, 31 (2), 109–124. (In Russian).
- Ronov A. B. (1993) *Stratisfera, ili osadochnaya obo-lochka Zemli (kolichestvennoe issledovanie)* [Stratisphere, or sedimentary shell of the Earth (quantitative research)]. Moscow: Nauka Publ., 144 p. (In Russian).
- Ahmed N., Siddiqui N. A., Ramasamy N., Ramkumar M., Jamil M., Usman M., Sajid Z., Bin Abd Rahman A. H. (2020) Geochemistry of Eocene Bawang Member turbidites of the Belaga Formation, Borneo: Implications for provenance, palaeoweathering, and tectonic setting. *Geological Journal*, 56 (5), 2477–2499. <https://doi.org/10.1002/gj.4062>
- Baioumy H., Lehmann B., Ahmed Mohamed Ahmed Salim, Khaled Al-Kahtany, Abdelbaset El-Sorogy (2020) Geochemical characteristics of black shales from Triassic turbidites, Peninsular Malaysia: Implications for their origin and tectonic setting. *Marine and Petroleum Geology*, 113, 104137. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2019.104137>
- Bracciali L., Marroni M., Pandolfi L., Rocchi S. (2007) Geochemistry and petrography of Western Tethys Cretaceous sedimentary covers (Corsica and Northern Apennines): from source areas to configuration of margins. *Sedimentary Provenance and Petrogenesis: Perspectives from Petrography and Geochemistry*. Arribas J., Critelli S., Johnsson M. J. (Eds). *Geological Society of America. Special Paper*, 420, 73–93. DOI: 10.1130/2006.2420 (06)
- Condie K. C. (1993) Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales. *Chemical Geology*, 104, 1–37. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(93\)90140-E](https://doi.org/10.1016/0009-2541(93)90140-E)
- Condie K. C., Wronkiewicz D. A. (1990) The Cr/Th ratio in Precambrian pelites from the Kaapvaal Craton as an index of craton evolution. *Earth and Planetary Science Letters*, 97, 256–267. DOI: 10.1016/0012-821X(90)90046-Z
- Cullers R. L. (2002) Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions, and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo, CO, USA. *Chemical Geology*, 191 (4), 305–327. DOI: 10.1016/S0009-2541(02)00133-X
- Do Campo M., Guevara S. R. (2005) Provenance analysis and tectonic setting of late Neoproterozoic metasedimentary successions in NW Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 19, 143–153. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2005.01.003>
- El Mourabet M., Barakat A., Zaghloul M. N., El Baghdadi M. (2018) Geochemistry of the Miocene Zoumi flysch thrust-top basin (External Rif, Morocco): new constraints on source area weathering, recycling processes, and paleoclimate conditions. *Arabian Journal of Geosciences*, 11, 126. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3465-y>
- Herron M. M. (1988) Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. *Journal of Sedimentary Research*, 58, 820–829. <https://doi.org/10.1306/212F8E77-2B24-11D7-8648000102C1865D>
- Imchen W., Thong G. T., Pongen T. (2014) Provenance, tectonic setting and age of the sediments of the Upper Disang Formation in the Phek District, Nagaland. *Journal of Asian Earth Sciences*, 88, 11–27. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2014.02.027>
- Long X., Yuan C., Sun M., Xiao W., Wang Y., Cai K., Jiang Y. (2012) Geochemistry and Nd isotopic composition of the Early Paleozoic flysch sequence in the Chinese Altai, Central Asia: Evidence for a northward-derived mafic source and insight into Nd model ages in accretionary orogen. *Gondwana Research*, 22, 554–566. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2011.04.009>
- Ma Q., Zhou Y., Mu H., Zhou T., Zhao H., Yin X., Liu Y. (2022) Geochemistry of the Laiyang Group from outcrops and Lingke-1 core on Lingshan Island Shandong Province, Eastern China: Implications for provenance, tectonic setting, and paleoenvironment. *Geological Magazine*, 159, 37–54. DOI: 10.1017/S0016756821000819
- McLennan S. M., Hemming S. R., McDaniel D. K., Hanson G. N. (1993) Geochemical approaches to sedimentation, provenance and tectonics. *Processes controlling the composition of clastic sediments*. Johnsson M. J., Basu A. (Eds). *Geological Society of America. Special Paper*, 284, 21–40. DOI: 10.1130/SPE284-p21
- McLennan S. M., Taylor S. R., McCulloch M. T., Maynard J. B. (1990) Geochemical and Nd-Sr isotopic composition of deep-sea turbidites: Crustal evolution and plate

tectonic associations. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54, 2015–2050. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(90\)90269-Q](https://doi.org/10.1016/0016-7037(90)90269-Q)

Piñán-Llamas A., Escamilla-Casas J.C. (2013) Provenance and tectonic setting of Neoproterozoic to Early Cambrian metasedimentary rocks from the Cordillera Oriental and Eastern Sierras Pampeanas, NW Argentina. *Boletín de la*

Sociedad Geologica Mexicana, 65, 373–395. <https://www.jstor.org/stable/24921233>

She Z., Ma C., Mason R., Li J., Wang G., Lei Y. (2006) Provenance of the Triassic Songpan — Ganzi flysch, west China. *Chemical Geology*, 231, 159–175. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2006.01.001>

Сведения об авторе:

Маслов Андрей Викторович, доктор геол.-мин. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), Россия, г. Уфа. amas2004@mail.ru, ORCID 0000-0003-4902-5789.

About the author:

Maslov Andrei Victorovich, Dr. Sci (Geol., Mineral.), Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Russia, Ufa. amas2004@mail.ru

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 11.04.2024; одобрена после рецензирования 12.04.2024; принята к публикации 22.07.2024

The article was submitted 11.04.2024; approved after reviewing 12.04.2024; accepted for publication 22.07.2024

Научная статья

УДК 553.41: 552.11

DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-8

ГЕОЛОГИЯ, ГЕОДИНАМИКА И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ САКМАРСКОЙ ЗОНЫ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

А. М. Косарев, В. М. Горожанин, Е. Н. Горожанина, Г. Т. Шафигуллина

Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450077, г. Уфа, ул. К. Маркса, 16/2, amkosarev@mail.ru

Сакмарская структурная зона, выделенная Л. С. Либровичем в 1929 г. на западном склоне Южного Урала, представляет собой меридионально вытянутый линзовидный, сложно построенный тектонический блок, расположенный в центре Зилаирского синклиория. Цель работы — выяснение строения, геологической и палеогеографической истории формирования разновозрастных и разнофациальных комплексов Сакмарской зоны. На основе анализа опубликованных и архивных материалов и собственных наблюдений проведено обобщение стратиграфических, структурных особенностей, а также данных химического состава вулканитов и строения осадочных и вулканогенных комплексов северной части этой зоны. На основе описания литологических особенностей отложений от кембрия до фамена проведены палеогеографические реконструкции. С точки зрения сдвиговой тектоники получили объяснение структурные особенности северной части Сакмарской зоны. Палеогеографические условия формирования отложений от кембрия до верхнего девона соответствуют условиям окраинного моря, современным аналогом этих обстановок могут служить окраинные моря Южно-Китайского региона. Последовательность геодинамических событий развития Сакмарского окраинно-морского бассейна отражает полный цикл Вильсона — от раскрытия окраинно-океанического пространства при рифтогенезе в кембрии, ордовике и силуре до его закрытия через механизмы субдукции в силуре и раннем-среднем девоне и коллизии в позднем девоне. Структура Сакмарской зоны рассматривается как горстовидная синсдвиговая «цветочная» структура, выведенная на поверхность из-под средне-верхнепалеозойских отложений Зилаирского синклиория, в результате бокового сжатия в позднеколлизийную стадию и реактивированная на неотектоническом этапе.

Ключевые слова: ордовик, силур, девон, окраинное море, палеоокеан, офиолиты, вулканогенные породы, аккреционный комплекс, серпентиниты, субдукция, сдвиги

Благодарности: Работа выполнена в рамках Государственного задания ИГ УФИЦ РАН по темам FMRS-2022–0011, FMRS-2022–0010, FMRS-2022–0015.

Для цитирования: Косарев А. М., Горожанин В. М., Горожанина Е. Н., Шафигуллина Г. Т. Геология, геодинамика и структурные особенности северной части Сакмарской зоны (Южный Урал) // Геологический вестник. 2024. № 2. С. 90–116. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-8

For citation: Kosarev A. M., Gorozhanin V. M., Gorozhanina E. N., Shafigullina G. T. (2024) Geology, geodynamics and structural features of the northern part of the Sakmara Zone (Southern Urals). *Geologicheskii vestnik*. 2024. No. 2. P. 90 — 116. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-8

© А. М. Косарев, В. М. Горожанин, Е. Н. Горожанина, Г. Т. Шафигуллина, 2024

Original article

GEOLOGY, GEODYNAMICS AND STRUCTURAL FEATURES OF THE NORTHERN PART OF THE SAKMARA ZONE (SOUTHERN URALS)

A. M. Kosarev, V. M. Gorozhanin, E. N. Gorozhanina, G. T. Shafigullina

Institute of Geology, UFRS RAS, 16/2 K. Marx st., Ufa 450077, Russia, amkosarev@mail.ru

Sakmara structural zone, identified by L. S. Librovič in 1929 on the western slope of the Southern Urals, is a meridionally elongated lens-shaped, complex tectonic block located in the center of the Zilair synclinorium and limited from the west and east by regional faults. The goal is to clarify the structure, geological and paleogeographic history of the formation of complexes of different ages and different facies of the Sakmara zone. Based on an analysis of published and archival materials and our own observations, a study was carried out of the composition and structure of sedimentary and volcanogenic complexes in the northern part of this zone. It is shown that there is a stratigraphically complete section of sediments from the Cambrian to Famennian. From the point of view of strike-slip tectonics, the structural features of the northern part of the Sakmara zone have been explained. Paleogeographical and geodynamic reconstructions were carried out. The paleogeographic conditions for the formation of sediments from the Cambrian to the Upper Devonian correspond to the conditions of the marginal sea; the modern analogue of these settings can be the marginal seas of the South China sea region. The established sequence of geodynamic events in the development of the marginal marine basin reflects the complete Wilson cycle — from the opening of the marginal oceanic space during rifting in the Cambrian, Ordovician and Silurian to its closure through the mechanisms of subduction in the Silurian and Early-Middle Devonian and collision in the Late Devonian. Structurally, the Ordovician-Silurian and Devonian sediment complexes of the Sakmara zone are not allochthonous — thrown over from the Magnitogorsk zone and the MUF. The structure of the Sakmara zone is considered as a horst-like synstrike-slip “flower” structure, brought to the surface from under the Middle-Upper Paleozoic deposits of the Zilair synclinorium, as a result of lateral compression in the late collisional stage and reactivated at the neotectonic stage.

Keywords: Ordovician, Silurian, Devonian, marginal sea, paleocean, ophiolites, volcanic rocks, accretation complex, serpentinites, subduction, strike-slip faults

Acknowledgements: The work was carried out within the framework of the State Assignment of IG UFIC RAS (FMRS-2022–0011, FMRS-2022–0010, FMRS-2022–0015).

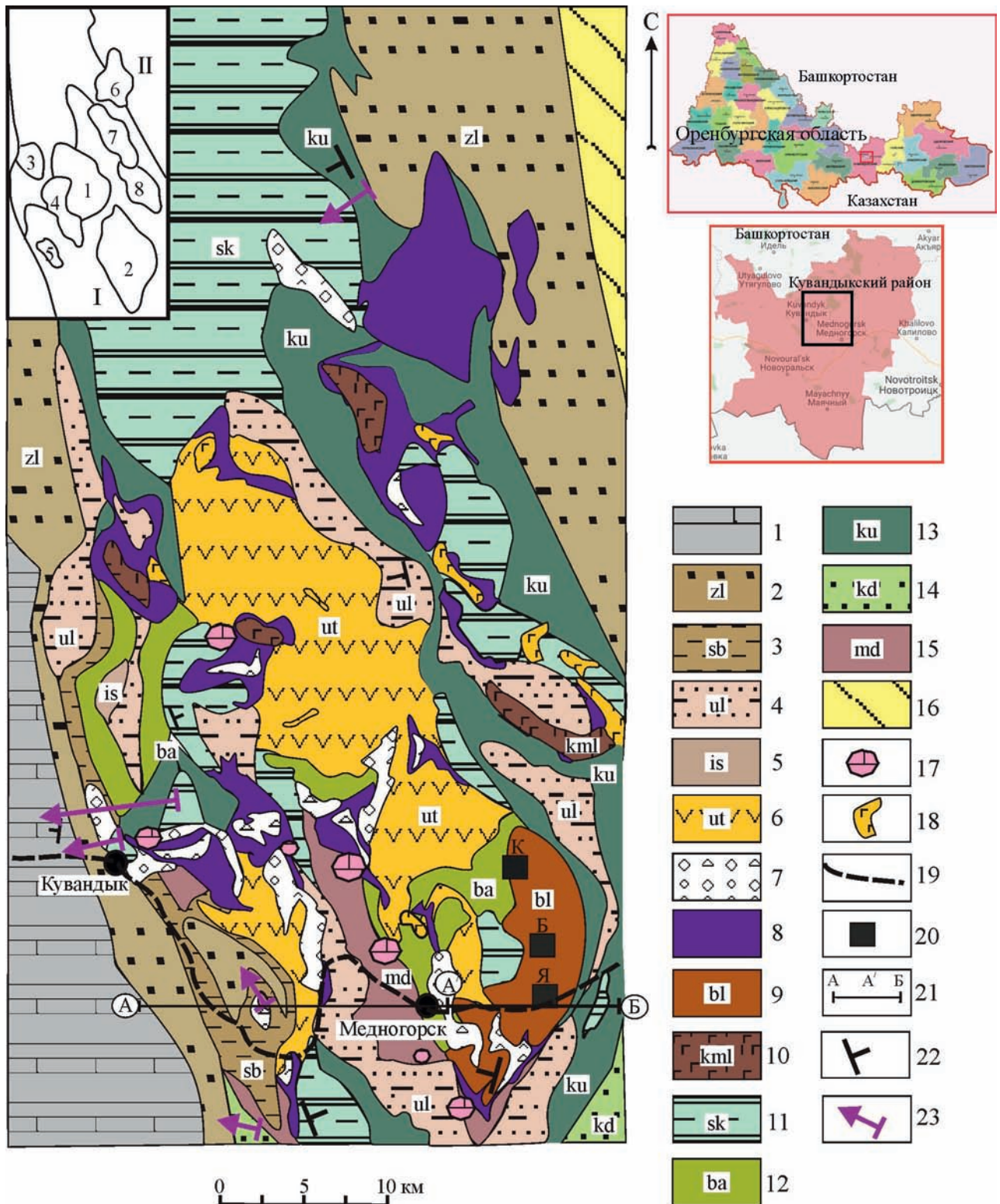
Введение

Южный Урал включает структурно-фациальные зоны окраины Восточно-Европейской платформы (ВЕП) на западе и палеоокеанические зоны на востоке, разделенные Главным Уральским разломом (ГУР). С точки зрения тектоники литосферных плит, история развития Южного Урала в палеозое прошла полный цикл Вильсона, начинавшегося с образования кембрийской рифтовой континентальной зоны, океанической впадины в ордовике и силуре, возникновении зоны субдукции в позднем силуре и закрытием океанического пространства в результате коллизии платформы с восточными континентами — Сибирским и Казахстанским [Пучков, 2000, 2010].

Сакмарская зона расположена в зоне сочленения палеоконтинентальной окраины ВЕП с палеоокеаническими структурами восточного склона Южного Урала и включает тектонизиро-

ванные разнофациальные осадочные и вулканогенные комплексы от кембрия до верхнего девона. Считается, что Сакмарская зона представляет собой офиолитовый аллохтон или покров, который перемещен из восточных зон и надвинут на пассивную окраину ВЕП во время Уральского орогенеза [Камалетдинов, 1974; Руженцев, 1976; Самыгин, 1980; Рязанцев и др., 2005, 2008; и др.]. По другим данным Сакмарский аллохтон образовался в результате закрытия рифтогенной структуры окраинного моря, формирования островной дуги и последующего скучивания и «выдавливания» пород офиолитовой ассоциации и островодужных комплексов на соседние зоны [Серавкин, Родичева, 1990; Иванов, 1998; Кориневский, 2020].

Структура Сакмарской зоны часто рассматривается как система тектонических пластин, надвинутых друг на друга, смятых и прорванных телами серпентинитового меланжа в процессе шарьирования [Хворова и др., 1978]. В Сакмарской



зоне и зоне ГУР выделены тектонические пластины, сложенные серпентитами, которые имеют пологое, крутое или субвертикальное положение [Серавкин и др., 2003; Зайков и др., 2001, 2009]. Механизм образования тектонических пластин (или тектонических клиньев) является предметом дискуссий. Возможно, то, что рассматривается как тектоническая пластина, является фрагментом пласта, смятого в крутые приразломные антиклинальные складки, сорванные по осевой поверхности.

По нашим наблюдениям, сложная тектоническая структура Сакмарской зоны, состоящая из мозаики ромбовидно-линзовидных блоков с разновозрастными осадочными и вулканогенными породами и серпентинитами, имеет в целом ромбовидную форму (рис. 1). Это может свидетельствовать о сдвиговом механизме формирования структуры по типу дуплексов сжатия [Горожанина и др., 2017]. Позднепалеозойские сдвиговые дуплексы и позднеэмские микросдвиги [Серавкин и др., 2001], характерны также для строения примыкающей с востока зоны ГУР и Магнитогорской зоны [Серавкин и др., 2003; Знаменский, Знаменская, 2006].

Разломы, ограничивающие блоки (на рис. 1 не показаны), диагностируются по резкой смене

отложений, в обнажениях зоны разломов проявлены в виде зон повышенной трещиноватости и обычно задернованы, часто по зонам разломов протекают ручьи и речки.

В задачу исследования входило выяснение структурных особенностей района и их геодинамической позиции.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИТОСТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ САКМАРСКОЙ ЗОНЫ

Осадочные и вулканогенно-осадочные комплексы северной части Сакмарской зоны

Характеристика стратиграфических подразделений северной части Сакмарской свиты приводится по данным В. А. Маслова, И. А. Смирновой, В. Т. Тищенко, И. Б. Серавкина и др. [Стратиграфия..., 1993; Серавкин, Родичева, 1990; Иванов, Пучков, 1984, 1991; Рязанцев и др., 2005, 2007, 2008; Белова и др., 2010; Рязанцев, Толмачева, 2016]. При описании отложений выделялись признаки, указывающие на палеогеографические условия их формирования.

Рис. 1. Схематическая геологическая карта северной части Сакмарской зоны [Серавкин, Родичева, 1990] с упрощениями.

Условные обозначения: 1 – флиш нижнего карбона, 2 – флиш зилайской свиты верхнего девона, 3 – кремнисто-глинистые породы сарбайской свиты среднего-верхнего девона, 4 – осадочные породы улутауской свиты среднего девона, 5 – базальты ишмуратовской свиты среднего девона (D_2ef_2), 6 – вулканиты утягуловской свиты девона (D_2ef_1), 7 – обломочные комплексы акчуринской свиты нижнего девона (D_1e_1), 8 – серпентиниты и гипербазиты, 9 – дациты и базальты силурийской блявинской свиты (S-D), 10 – базальты карамолинской свиты (S-D), 11 – углистые сланцы сакмарской свиты (S-D), 12 – вулканиты баулульской свиты ордовика, 13 – алевриты и аргиллиты кураганской свиты среднего-верхнего ордовика, 14 – породы кидрясовской свиты нижнего ордовика, 15 – породы медногорской свиты кембрия, 16 – метаморфические породы зоны Уралтау, 17 – блоки кембрийских известняков, 18 – выходы интрузивных пород, 19 – линия железной дороги, 20 – положение рудных месторождений (К – Комсомольское, Б – Блявинское, Я – Яманкасы), 21 – линия разреза А' – Б на рис. 2 и разреза А-Б на рис. 3, 22 – элементы залегания, 23 – линии изученных разрезов.

Врезка: Краевые поднятия автохтона: I – Кувандык-Рысаевское, II – Катралинско-Юмагузинское; 1 – Утягуловская синклиналь, 2–8 – синформы: 2 – Блявинская, 3 – Новосакмарская, 4 – Рамазано-Псянчиновская, 5 – Восточно-Кувандыкская, 6 – Катралинская, 7 – Ямано-Кураганская, 8 – Имеллинская.

Fig. 1. Schematic geological map of the northern part of the Sakmara zone [Seravkin, Rodicheva, 1990] with simplifications.

Legend: 1 – flysch of the Lower Carboniferous, 2 – flysch of the Zilair Formation of the Upper Devonian, 3 – siliceous-clayey rocks of the Sarbay Formation of the Middle-Upper Devonian, 4 – sedimentary rocks of the Ulutau Formation of the Middle Devonian, 5 – basalts of the Ishmuratov Formation of the Middle Devonian (D_2ef_2), 6 – volcanics of the Utyagulovsky Formation of the Middle Devonian (D_2ef_1), 7 – clastic complexes of the Akchura Formation of the Lower-Middle Devonian (D_1e_1), 8 – serpentinites and hypermafic rocks, 9 – dacites and basalts of the Silurian Blyavinsky Formation (S-D), 10 – basalts of the Karamolinsky Formation (S-D), 11 – carbonaceous shales of the Sakmara Formation (S-D), 12 – volcanics of the Baulus Formation of the Ordovician, 13 – siltstones and mudstones of the Kuragan Formation of the Middle-Upper Ordovician, 14 – rocks of the Kidryasovo Formation of the Lower Ordovician, 15 – rocks of the Mednogorsk Formation of the Cambrian, 16 – metamorphic rocks of the Uraltau Zone, 17 – blocks of Cambrian limestone, 18 – outcrops of intrusive rocks, 19 – railway line, 20 – position of ore deposits (K – Komsomolsk, B – Blyavinsky, Y – Yamankasy), 21 – section line A' – B in Fig. 2 and sections A-B in Fig. 3, 22 – bedding elements, 23 – lines of studied sections.

Inset: Regional uplifts of the autochthon: I – Kuvandyk-Rysaevskoe, II – Katralinsko-Yumaguzinskoe; 1 – Utyagulovskaya syncline, 2–8 – synforms: 2 – Blyavinsky, 3 – Novosakmarskaya, 4 – Ramazano-Psyanchinovskaya, 5 – East Kuvandykская, 6 – Katralinskaya, 7 – Yamano-Kuragansky, 8 – Imellinsky.

Геодинамическая обстановка определена с учетом опубликованных данных и авторских материалов [Косарев, 2015; Косарев и др., 2023].

Кембрийские комплексы представлены осадочными породами тереклинской свиты и высокотитанистыми вулканитами медногорского комплекса, с редкими телами интрузивных габбро-сиенитов, включают блоки известняков с археоциатами (рис. 2, а). Возраст тереклинской свиты определяется по составу археоциат в линзах известняков [Стратиграфия..., 1993]. Блоки археоциатовых известняков и вулканитов кембрийского возраста рассматриваются как олистолиты, залегающие в терригенных породах, в которых определены акритархи ордовикского возраста. В разрезе у д. Рысаево, в кремнистых прослоях среди оливиновых базальтов (см. рис. 2, б) медногорского комплекса найдены конодонты верхнего кембрия [Пучков, 2000]. *Палеогеографические условия* отложений, отнесенных к кембрию, рассматриваются как мелководно-морские в зоне континентального рифта. Линзы рифогенных известняков, вероятно, представляют собой остатки карбонатного шельфа на островных поднятиях вулканогенной природы. *Палеогеодинамическая позиция* — субконтинентальная рифтогенная [Иванов, 1998].

Ордовикские осадочные комплексы включают отложения кидрясовской, кураганской свит и кремнистые отложения с прослоями вулканитов баулуской свиты.

Кидрясовская свита ($C_3-O_1 kd$) сложена аркозовыми песчаниками, глауконитсодержащими кварц-полимиктовыми песчаниками, полимиктовыми гравелитами, чередующимися с алевролитами, глинистыми и кремнистыми сланцами, мощностью 300–400 м, содержащими фауну трилобитов, граптолитов и брахиопод тремадокского яруса нижнего ордовика [Стратиграфия..., 1993]. В разрезе у д. Кидрясово в прослоях массивных песчаников отмечается косая однонаправленная слоистость, сдвоенные тонкие нитевидные слои приливно-отливного типа, лепешки аргиллитов (см. рис. 2, в, г). Среди аксессуарных минералов в составе песчаников, в тяжелой фракции содержится хромит, обогащенный Mn [Исаев и др., 1984], иногда сконцентрированный в отдельных прослоях. *Палеогеографические условия*: отложения кидрясовской свиты формировались в мелководно-морской зоне с приливно-отливным влиянием [Хворова и др., 1978; Горожанина и др., 2017].

Кураганская свита ($O_{2-3} ku$) представлена кремнисто-глинистыми сланцами и алевролитами

(туффидами) пестрого серо-зеленого и вишнево-красного цвета, согласно залегающими на породах кидрясовской свиты [Стратиграфия..., 1993]. Отложения датированы по фауне граптолитов, конодонтов, трилобитов [Стратиграфия..., 1993; Пучков, 2000]. Выходы глинисто-кремнистых сланцев кураганской свиты прослеживаются вдоль восточных крыльев Утягуловской и Блявинской структур, по берегам рек Сакмары, Кураган и Блява (в районе ст. Блява). К северу от г. Кувандык по правобережью р. Сакмара у пос. Новокурский отложения, представленные глинистыми и туфогенно-глинистыми аргиллитами и алевролитами с характерной вишнево-красной и фиолетово-зеленой окраской, с прослоями базальтов с шаровой отдельностью, по находкам конодонтов отнесены к новокурской толще верхней части кураганской свиты [Рязанцев и др., 2005]. *Палеогеографические условия* определяются как глубоководные (свыше 1000 м), соответствующие батинальной и абиссальной зонам океана [Хворова и др., 1978; Самыгин, 1980]. *Палеогеодинамическая позиция* — рифтогенная океаническая, базальты по составу соответствуют нормальным базальтам СОХ [Рязанцев, 2012].

Баулуская свита ($O_{2-3} ba$) датируется по находкам конодонтовой фауны [Иванов, Пучков 1984] в разрезах северной части Сакмарской зоны, в западном борту Блявинского карьера и на Комсомольском месторождении, соответствует среднему — верхнему отделам ордовика. Свита сложена осадочно-вулканогенными породами, включает прослойки пиллоу-лав базальтов среди серо-зеленых и вишнево-красных «туффитов», аналогичных кураганской свите, имеет мощность 50–200 м [Стратиграфия..., 1993]. *Палеогеографические условия* соответствуют глубоководной зоне океанической впадины. *Палеогеодинамическая позиция* определена по составам базальтов, которые соответствуют базальтам СОХ [Рязанцев, 2012; Косарев, 2015].

Силурийские осадочные вулканогенные и вулканогенно-осадочные комплексы включают отложения сакмарской, карамолинской (дергаишской) и блявинской свит и представлены тремя типами разрезов — осадочным углеродисто-кремнистым (сакмарская свита), вулканогенно-кремнистым (кремнисто-базальтовым), который включает дергаишскую и карамолинскую свиты [Стратиграфия..., 1993; Пучков, 2000] и вулканогенным базальт-риодацитовым с прослоями тефроидов, туфов и кремнистых пород, представляющий блявинскую свиту.



Рис. 2. Фотографии пород и обнажений в северной части Сакмарской зоны (Кувандыкский район)

Условные обозначения: а – выходы кембрийских известняков к северу от д. Кидрясово (холм Шапка Мономаха); б – фрагмент лавовых выходов субщелочных базальтов медногорской свиты у д. Рысаево; в, г – породы кидрясовской свиты: песчаники с крестовой слоистостью (в) и пестрые гравелиты (г), выходы на хребте к югу от д. Кидрясово; д – толща черных углисто-глинистых сланцев сакмарской свиты в карьере на окраине г. Кувандык; е – кремни сарбайской свиты с оползневыми складками – рулетами, карьер Рысаево; ж – ромбовидная сетка кварцевых прожилков в песчаниках кидрясовской свиты; з – складки западной вергентности в глинисто-карбонатной толще иткульовской свиты нижнего карбона на окраине г. Кувандык (у моста через р. Сакмара).

Fig. 2. Photographs of rocks and outcrops in the northern part of the Sakmara zone (Kuvandyk region)

Legend: a – outcrops of Cambrian limestone north of the village of Kidryasovo (Shapka Monomakha hill); б – fragment of lava outcrops of subalkaline basalts of the Mednogorsk formation near the village of Rysaev; в, г – rocks of the Kidryasovo Formation: sandstones with cross-bedding (в) and variegated gravelstones (г), outcrops on the ridge south of the village of Kidryasovo; д – thickness of black carbonaceous shales of the Sakmara Formation in a quarry on the outskirts of the city of Kuvandyk; е – cherts of the Sarbay Formation with landslide folds – rolls, Rysaev quarry; ж – romb-shaped network of quartz veinlets in the sandstones of the Kidryasovo Formation; з – folds of western vergence in the clayey-carbonate sequence of the Itkulovo Formation of the Lower Carboniferous on the outskirts of the city of Kuvandyk (near the bridge over the Sakmara River).

Сакмарская свита ($S-D_1 sk$) сложена характерными черными углисто-кремнисто-глинистыми сланцами с граптолитами, с редкими прослоями кварцевых песчаников, алевролитов, мраморизованных черных известняков. Возраст по граптолитам соответствует интервалу от лландовери до лохковского яруса [Тищенко, Черкасов, 1985; Рязанцев, 2012]. Отложения залегают согласно на аргиллитах кураганской свиты. Мощность 100–300 м. В черте г. Кувандык, в большом карьере отложения представлены толщей углеродистых черных и серых рассланцованных кремнистых аргиллитов (см. рис. 2, д). В породах присутствуют отпечатки граптолитов, реликты радиолярий, глобулы глауконита, зерна кварца, фрамбоидальный пирит, содержание углерода в породе достигает 10% [Тюрин и др., 2022]. *Палеогеографические условия* формирования высокоуглеродистых отложений, к которым относятся черные сланцы сакмарской свиты, определяются эпохами трансгрессий и регрессий, обусловленных сменой климата [Конюхов, 2015]. Регрессия моря, связанная с хирнантским оледенением в конце ордовика, сменилась трансгрессивным повышением уровня моря при потеплении климата в силуре, что способствовало накоплению в окраинных морях однотипных глинисто-кремнистых, часто углеродистых осадков, перекрывших разнофациальные комплексы ордовика. На глубоководные условия осадконакопления в окраинно-морском бассейне указывают многие авторы [Хворова и др., 1978; Самыгин, 1980; Горожанина и др., 2017; Тюрин и др., 2022].

Кармолинская ($S-D_1 kml$) свита. Вулканогенно-кремнистый тип разреза, представленный пиллоулавами и лавобрекчиями оливиновых базальтов с прослоями кремней и глинисто-кремнистых сланцев, отнесен к дергаишской свите [Стратиграфия..., 1993], породы залегают согласно на вулканогенных породах баулуской свиты, датированы лландоверийским ярусом по находками граптолитов в прослоях черных мраморизованных известняков [Стратиграфия..., 1993]. Возрастным аналогом дергаишской свиты являются вулканогенно-кремнистые образования кармолинской свиты. По наличию фациального замещения кармолинской толщи кремнистыми породами сакмарской свиты возраст первой принят как силурийско-раннедевонский [Вулканизм..., 1992]. Базальты западной и южной стенок Блявинского карьера отнесены соответственно к баулуской и дергаишской свитам [Стратиграфия..., 1993]. Базальты южной

стенки Блявинского карьера с прослоями сланцев с граптолитами, представляется более логичным включать в состав кармолинской свиты [Косарев и др., 2023, 2024], так как дергаишская свита выделена В. Т. Тищенко в пределах Магнитогорской мегазоны, в районе д. Мазово.

Блявинская свита ($S-D_1 bl$) распространена преимущественно на Блявинском и Комсомольском рудных полях и является рудовмещающей колчеданное оруденение и подрудной частью разреза. Блявинская свита подразделяется на три толщи: 1 — нижняя, базальт-риодацитовая, возможно, вмещает рудное тело Яманкасинского колчеданного месторождения, базальты относятся к типу низкотитанистых островодужных [Бельков, 1978; Даниленко, 1991]; 2 — средняя толща, преимущественно кислого состава, полифациальная, рудовмещающая для Блявинского и Комсомольского месторождений [Кропачев и др., 1968]; 3 — верхняя надрудная сложенная низкотитанистыми островодужными эффузивными базальтами, андезибазальтами и туфами. Верхний контакт третьей надрудной толщи с базальтами кармолинской толщи в южной стенке Блявинского карьера, содержащими в прослоях кремнистых пород граптолиты силура, имеет тектонический характер [Бельков, 1978; Даниленко, 1991; Вулканизм..., 1992].

Колчеданные руды, залегающие в дифференцированных вулканитах блявинской свиты содержат трубочки вестиментифер, что указывает на связь оруденения с «черными курильщиками», образующимися при высачивании серосодержащих растворов на морском дне. Сопоставление яманкасинских рудных отложений с силурийскими вестиментиферовыми образованиями Валенторского колчеданного месторождения Тагильской зоны [Масленникова, Масленников, 2007] свидетельствует в пользу силурийского возраста рудовмещающих пород [Серавкин, Родичева, 1990; Кориневский, 1992]. *Палеогеографические условия* формирования отложений кармолинской (дергаишской) свиты определяется по наличию кремнисто-глинистых сланцев среди пиллоулав как глубоководные морские. *Палеогеодинамическая позиция* вулканитов определяется по их составу [Косарев и др., 2023], она связана с началом субдукции в окраинно-океанической зоне. Дифференцированные вулканиты блявинской свиты (яманкасинской толщи) содержат сульфидные руды, образованные в результате действия «черных курильщиков» [Масленникова, Масленников, 2007].

Девонские осадочные и вулканогенно-осадочные комплексы включают отложения акчуруинской, чанчарской, утягуловской, ишмуратовской, улутауской, сарбайской, киинской (егиндинской) и зилаирской свит.

Акчуруинская свита (толща) ($D_1 ak$) (аналоги — кызылфлотская, айтпайская на юге Сакмарской зоны в Актюбинской области) залегает выше блявинской свиты (в разрезе по р. Херсонка [Хворова и др., 1978]. Характерно присутствие комковатых кремней со складками подводного оползания, кремнеобломочных брекчий, гравелитов и песчаников, среди олистолитов встречаются блоки пражско-эмских биогермных известняков [Хворова и др., 1978; Стратиграфия..., 1993]. Кремнеобломочные брекчии И. В. Хворовой отнесены к эдафогенным отложениям. В обломочном материале установлены глыбы и гальки гипербазитов и серпентинитов, обломки черных сланцев и фтантов из подстилающей сакмарской свиты, глыбы известняков и кремни с фауной конодонтов. Свита распространена в обрамлении Блявинской и Утягуловской структур, в окрестностях г. Кувандыка и ассоциирует с выходами серпентинитов.

Чанчарская свита $D_1 ch$ сложена глыбовыми вулканическими брекчиями, с прослоями туфопесчаников, блоками известняков, согласно залегает на акчуруинской свите. Щелочные и субщелочные породы, входящие в состав глыб имеют шошонитовый состав, свидетельствующий о надсубдукционной обстановке их формирования. Отложения распространены по берегам р. Кураган между д. Рысаево и г. Кувандыком, мощность до 500 м. Возраст определен по фауне конодонтов [Артюшкова, 2014], относящимся к ниже-среднеэмскому подъярису (иргизлинский, вязовский горизонты). *Палеогеографические условия* определяются как глубоководные морские. *Палеогеодинамическая позиция* соответствует отложениям, формировавшимся на островодужном склоне глубоководного желоба [Самыгин, 1980] и аккреционной призмы, где сгруживались породы океанического дна [Зайков и др., 2009].

Утягуловская свита ($D_2 ut$) сложена вулканитами базальт-андезит-дацитового ряда и низкотитанистыми порфиоровыми базальтами с редкими прослоями кремней. Возраст свиты определен по находкам конодонтов [Стратиграфия..., 1993] в прослоях кремней среди базальтов (в окрестностях г. Кувандыка) как поздний-эмс ранний эйфель (по МСШ), или бийский горизонт платформ. Породы свиты широко распространены

в пределах Утягуловской синклинали, мощность свиты свыше 1000 м. Палеогеографические условия — отложения формировались в результате деятельности подводных вулканов в глубоководной зоне. Палеогеодинамическая позиция — надсубдукционная, островодужная [Самыгин, 1980].

Ишмуратовская свита ($D_2 is$) сложена преимущественно вулканогенными породами — базальтами с прослоями яшм и риодацитами. Возраст свиты определен по находкам конодонтов в яшмах среди базальтов как поздний эйфель [Артюшкова, 2014]. Свита является возрастным аналогом карамалыташской свиты Магнитогорской зоны. *Палеогеографические и геодинамические условия* — глубоководный рифтогенный бассейн субконтинентального типа, так как базальты относятся к высокотитанистому типу.

Улутауская свита ($D_2 ul$) состоит из ритмично переслаивающихся вулканомиктовых песчаников, алевролитов, гравелитов с прослоями глинисто-кремнистых пород, распространена в обрамлении Утягуловской и Блявинской структур, согласно перекрывает базальты ишмуратовской свиты, мощность до 300 м [Стратиграфия..., 1993]. *Палеогеографические условия* глубоководной зоны отражает присутствие кремнистых и глинистых прослоев, ритмичность указывает на действие турбидитовых потоков.

Сарбайская свита ($D_2-D_3 f sb$) представляет собой конденсированный кремнистый разрез, сложена кремнями, радиоляритами, кремнистыми аргиллитами, мощность 30–50 м. В Рысаевском карьере отложения представлены черными плитчатыми кремнями и углисто-кремнистыми сланцами (см. рис. 2, е) с конодонтами живет-франского уровня (рысаевская толща) [Артюшкова, 1991]. *Палеогеографически* кремнистые осадки относятся к глубоководной зоне — пелагиали. Они формировались в ходе мировой трансгрессии в авулканический этап тектонического затишья [Самыгин, 1980; Иванов, Пучков, 1984; Рязанцев и др., 2005].

Зилаирская свита ($D_3 zl$) сложена глинистыми аргиллитами и алевролитами зеленовато-серого табачного цвета с прослоями граувакковых песчаников, распространена в обрамлении Сакмарской зоны, датирована по находкам конодонтов верхнего франа-фамена в Рысаевской синклинали, мощность около 400 м [Стратиграфия..., 1993]. *Палеогеографические и палеогеодинамические условия* соответствуют глубоководной впадине с терригенной турбидитовой седиментацией,

отложения формировались в наложенных впадинах во время коллизии Магнитогорской дуги и Восточно-Европейского континента [Brown et al., 2006; Пучков, 2000, 2010; Рязанцев, 2001; Горожанина и др., 2015].

Палеовулканические комплексы Медногорского рудного района

Медногорский палеовулканический комплекс (*S₂-D₁ md*) кембрийского возраста представлен базальтами умереннощелочной серии. Большая часть вулканитов представлена долерито-базальтами эффузивной фации, содержащими на границах лавовых потоков прослойки песчаников и конгломератов. Сумма $K_2O + Na_2O$ в базальтах составляет (в мас. %) 4.35–6.8, при преобладании Na_2O (2.7–3.05) над K_2O (0.87–1.5). Характерны высокая железистость ($FeO+Fe_2O_3$) 13.15–18.7%, повышенные TiO_2 (2.06–3.25%), MnO (0.92%), Zr (128–142 г/т), Nb (6.6–12.5 г/т). По сравнению с базальтами MORB эти базальты содержат пониженные количества Cr , Ni , умеренные — Co , повышенные — Nb , V , Ba , La , Yb . На диаграмме $Zr/Y — Nb/Y$ [Fitton et al., 1997] габбро-сиениты близки к позиции рециклингового плюма (REC) [Косарев, 2015]. Присутствие плюмовых магматических пород маньхамбовского комплекса кембрийского возраста отмечалось на Среднем и Полярном Урале [Пучков, 2018].

Баулуский палеовулканический комплекс (*O₁₋₂ ba*) представляет рифтогенно-субокеаническую существенно базальтоидную формацию. Изученные фрагменты баулуского комплекса сложены пиллоу-базальтами умереннотитанистого типа (TiO_2 1.03–1.74 мас. %), толеитовой и умереннощелочной серий. По геохимическим характеристикам (диаграмма $Nb/Yb — Th/Yb$) базальты баулуского комплекса отвечают океаническим базальтам (EMORB) типа и соответствуют субокеаническому типу с островодужным уклоном, что позволяет сопоставлять их с базальтами океанического типа поляковского комплекса (O_2) в Учалинском районе Вознесенско-Присакмарской зоны [Семенов, 2000; Косарев, 2015].

Карамолинский палеовулканический комплекс (*S₁-D₁ kml*) выделен в Медногорском рудном районе в качестве толщи [Серавкин, Родичева, 1990; Вулканизм ..., 1992]. Разрез с прослоями кремнисто-глинистых пород, содержащих граптолиты силура, расположен в южной стенке Блявинского карьера. По содержаниям TiO_2 (1.5–2.0 мас. %)

карамолинские базальты сопоставимы с океаническими базальтами баулуского комплекса. Они обнаруживают сходство с базальтами OPB и с базальтами внутриплитного типа, присутствующими среди базальтов нижней части бурибайского вулканического комплекса (TiO_2 –1.5%) [Косарев и др., 2022]. В период формирования карамолинского комплекса, происходило взламывание океанической коры, внедрение протрузий ультрабазитов, их разрушение на морском дне и образовании эдафогенных брекчий. Подобные процессы характерны для глубоководных желобов в период заложения и активной фазы зон субдукции [Мурдмаа, 1987]. Химические составы базальтов южного борта Блявинского карьера, включенных в карамолинскую свиту, в координатах $Nb/Yb — Th/Yb$ [Косарев и др., 2023] находятся в поле II (переходном от океанического к островодужному, вблизи стандарта в поле I базальтов EMORB). На диаграмме $Zr/Y — Nb/Y$ [Fitton et al., 1997] эти базальты расположены в поле плюмового источника, а на диаграмме $Y — Nb$ [Холоднов и др., 2021] в поле II вблизи стандарта EMORB.

Блявинский палеовулканический комплекс (*S₂ — D₁ bl*) известен в южной и юго-восточной стенках Блявинского карьера. В верхней части карьера (уступы 1–6) залегают базальты карамолинской толщи, содержащей граптолиты [Кропачев и др., 1968]. Ниже карамолинских базальтов, на 7 уступе, в юго-восточном углу карьера, вблизи тектонической зоны залегают базальты с содержаниями TiO_2 0.8–1.2 мас. % и геохимическими особенностями, характерными для островодужных базальтов. Они относятся к надрудной пачке базальтов, которая более четко выделяется на Комсомольском колчеданном месторождении [Кропачев и др., 1968; Бельков, 1978; Даниленко, 1991 и авторские материалы]. По наблюдениям И. Б. Серавкина, в нижней части надрудного разреза, в юго-восточном углу карьера, низкотитанистые базальты налегают на кислые вулканические породы с тектоническим контактом. В надрудной зоне проходит зона разрывного нарушения (надвига), отделяющего толщу ордовик-силурийских (баулуская и карамолинская свиты) базальтов с умеренными и высокими концентрациями TiO_2 (0.88–2.3 %) от рудовмещающей толщи базальтов с низкими концентрациями TiO_2 (0.20–0.55 %). Последние переслаиваются с кислыми обломочными породами (туфами, брекчиями и тефроидами), слагающими блявинскую свиту (S_2 - D_1) [Даниленко, 1991]. В итоге можно сказать, что интерпретация геологического

разреза Блявинского колчеданного рудного поля, в качестве фрагмента лежащей складки с запрокинутым нижним крылом [Рязанцев и др., 2005] соответствует фактическому материалу. Однако, кремнистые породы, залегающие выше рудных залежей Блявинского месторождения и содержащие ордовикские конодонты, вряд ли датируют рудные тела, так как залегают в тектоническом клине [Косарев и др., 2023].

Чанчарский палеовулканический комплекс (D_1ch), перекрывает отложения *акчуруинской свиты (D_1ak)*, сложенной кремнисто-обломочными эдафогенными брекчиями и конглобрекчиями. Чанчарский комплекс соответствует умеренно-щелочной островодужной шошонитовой серии [Кориневский, 1971; Бочкарев, Язева, 2000; Федоров и др., 2017], мощность которой в казахской части Сакмарской зоны оценивается в 700–1300 м.

Утягуловский палеовулканический комплекс (D_2ef *ut*) базальт-андезит-риодацитового состава наиболее представлен в Утягуловской и Блявинской структурах [Вулканизм..., 1992]. Пиллоу-базальты в его составе представлены афировыми, пироксен-плаггиофировыми реже пироксен-порфирированными типами. Среди андезитовых и трахиандезитовых порфиритов наиболее распространены пироксен-плаггиоклазовые, реже роговообманково-плаггиоклазовые разновидности. Вулканиды кислого состава представлены пироксен-роговообманковыми плаггиоклазовыми порфиритами. По петрохимическим материалам [Вулканизм..., 1992] вулканиды утягуловского комплекса относятся к островодужному типу известково-щелочной реже толеитовой серии. Отличия утягуловских вулканидов от рудоносных толщ ивановского комплекса зоны ГУР затрудняют реализацию геодинамической модели с тектоническим перебросом толщ вулканидов из Западно-Магнитогорской зоны в Сакмарскую зону.

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Сакмарская структурная зона выделена Л. С. Либровичем в 1929 г. и представляет собой меридионально вытянутый линзовидный сложно построенный тектонический блок, расположенный в центре Зилаирского синклинория и ограниченный с запада и востока региональными разломами, возможно, глубинного заложения [Сидоренко и др., 1964].

Структурные особенности северной части Сакмарской зоны

Структура Сакмарской зоны рассматривалась в работах разных авторов [Сидоренко и др., 1964; Камалетдинов, 1974; Хворова и др., 1978; Сенченко, 1976; Руженцев, 1976; Самыгин, 1980; Серавкин, Родичева, 1990; Иванов, 1998; и др.]. Сложное тектоническое строение этой зоны вызвало различные взгляды на ее образование. До развития идей тектоники плит Сакмарская зона рассматривалась как горстовидный блок, выведенный на поверхность из-под средне-верхнепалеозойских отложений Зилаирского синклинория, в результате бокового сжатия [Келлер, 1949; Леоненко, 1955; Эз и др., 1965]. Позднее эта зона стала рассматриваться как аллохтон, перемещенный по надвигам на значительное расстояние из восточных зон через зону Уралтау, и представляющий собой массу тектонически совмещенных разнофациальных комплексов [Кропачев, 1970; Пейве и др., 1971; Руженцев, 1976]. Сакмарская зона в более поздних публикациях рассматривается как аллохтон, состоящий из пластин батиальных, океанических, и островодужных комплексов, запрокинутых и надвинутых на зилаирский флиш с востока [Самыгин, 1980; Пучков, 2000; Рязанцев и др., 2005; Голионко, Георгиевский, 2023].

Все авторы отмечают тектонические границы и дивергентную структуру зоны. Западная граница зоны проходит по разлому восточного падения, отделяющего сланцы силура от терригенных пород зилаирской свиты. В породах фиксируются складки западной вергентности [Сидоренко и др., 1964; Эз и др., 1965; Сенченко, 1976; Хворова и др., 1978]. Разлом рассматривается как надвиг или взбросо-надвиг [Келлер, 1949; Сидоренко и др., 1964; Эз и др., 1965]. Вблизи зоны разлома породы нижнего карбона смяты в запрокинутые на запад узкие линейные складки (см. рис. 2, 3). Восточная граница проходит по разлому, отделяющему сланцы кураганской свиты от пород зилаирской свиты, и имеющему западное падение. В породах и ранее отмечались складки восточной вергентности [Сидоренко и др., 1964; Хворова и др., 1978; Сенченко, 1976;].

В северной части зоны, в верховьях р. Вазям, в поле выходов пород зилаирской свиты [Чирикova, 1977], была пробурена скважина 1, которая на гл. 437 м вскрыла толщу углисто-кремнистых сланцев, отнесенных к силуру и прослеженную до глубины 2130 м. Это послужило основанием

считать, что Сакмарская зона имеет горстовидное строение [Сенченко, 1976]. К. С. Иванов [1998] рассматривает Сакмарскую зону как тектоническую мегабрекчию, или аккреционную призму, где в скученном состоянии находятся породы разных геодинамических обстановок. Предполагается, что разнофациальные комплексы пород окраинного Сакмарского моря могли быть надвинуты (обдущированы) на край Восточно-Европейского континента на западе и на сиалический блок (террейн) Уралтау на востоке [Кориневский, 2020]. При этом отмечается, что отложения фаменского флиша зилаирской свиты согласно залегают на отложениях нижнего-среднего палеозоя. Надвиговый характер контактов наблюдается лишь в краевых частях зоны [Сидоренко и др., 1964; Эз и др., 1965; Кориневский, 2020].

В ряде работ рассматривается палеогеодинамическая история развития Сакмарской зоны [Хворова и др., 1978; Самыгин, 1980; Иванов, 1998; Пучков, 2000; Кориневский, 2020]. Современная структурная позиция разных комплексов в литературе отражена недостаточно. Отмечается складчатая структура, проявленная в чередовании широких брахисинклиналей и узких антиклиналей. Выделены крупные Блявинская, Ишмуратовская, Утягуловская и Шайтантауская брахисинклинали и разделяющие их антиклинальные поднятия: Медногорское, Кураганское, Чураевское [Сидоренко и др., 1964]. В целом зона имеет синклинальное строение с антиклинальным поднятием в центре [Эз и др., 1965]. Вдоль западной границы зоны расположена серия субмеридиональных узких крутых антиклинальных складок (Кидрясовская и др.), которые осложнены субмеридиональными нарушениями сбросами и взбросами [Сидоренко и др., 1964]. В окварцованных песчаниках кидрясовской свиты наблюдаются ромбовидная сетка кварцевых прожилков (см. рис. 2, ж).

Структурные особенности Медногорского рудного района

В западной части Сакмарской зоне на правом берегу р. Сакмары ордовикские и девонские отложения смяты в изоклиналильные складки, оси которых запрокинуты на запад. Изоклиналино-складчатая структура хорошо выражена в среднедевонских отложениях, но столь же напряженные складки наблюдаются и в эффузивах баулуской свиты по многочисленным прослоям кремней. Залегание девонских толщ на ордовикских отложениях согласное. В центральной части Сакмарской

зоны на поверхность выведен офиолитовый комплекс, в кровле его сохранились смятые в сложные складки породы сакмарской свиты и карамолинской толщи. Изоклиналильные складки в силурийских породах ориентированы круто, иногда запрокинуты на запад. На породах офиолитовой ассоциации со структурным несогласием залегают брекчии акчуринской свиты. Восточнее выходов офиолитов осевые плоскости изоклиналильных складок, в которые смяты силурийские отложения, запрокинуты к востоку.

Разрез вдоль шоссе Кувандык-Медногорск дает информацию о структуре юго-западного фланга Блявинской структуры. Он состоит из трех отрезков. На западном участке отмечается изоклиналиная складчатость в сланцах кураганской свиты, с наклоном осевых поверхностей к западу. Установлено резкое несогласие толщи верхнедевонских кремнистых пород на подстилающих отложениях. Центральный отрезок представлен разрезом вдоль линии железной дороги к западу от г. Медногорска. Обращает внимание высокая дислоцированность пород медногорской свиты, проявлен будинаж диабазов и долеритов, а также глинистых сланцев содержащихся в прослоях. На восточном участке, западнее железнодорожного тоннеля встречена зона надвига с плоскостями скольжения в серпентинитах с глыбами черных сланцев внутри серпентинитов. В зоне надвига установлен тектонический клин кремнистых пород сакмарской свиты.

Для выяснений внутренней структуры северной части Сакмарской зоны нами приведен разрез на широте Блявинской синклинали (рис. 3, а). За основу интерпретации разреза взяты данные из работы И. Б. Серавкина [Серавкин, Родичева, 1990; Косарев и др., 2024]. Блявинская структура представляет собой асимметричную синформу, в которой залегают ордовикские, силурийские и девонские вулканогенные комплексы. В обрамлении Блявинской синклинали наблюдаются выходы серпентинитов в ассоциации с выходами кремней и глыбовых отложений акчуринской свиты (рис. 3, б). В восточном крыле Блявинской структуры установлены три надвиговые зоны, которые имеют северо-западное падение под углами 40–55°. Осевые плоскости большинства складок запрокинуты на восток. С востока Блявинская синформа по надвигу граничит с отложениями кураганской свиты. Структура восточного краевого поднятия, обнаженного по железной дороге к востоку от ж.д. станции Блява, представлена

серией крутых, падающих к северо-западу складчато-надвиговых структур. В восточном крыле складки устанавливается запрокинутое на восток залегание пород.

На обновленной и по новому интерпретированной структурной схеме Сакмарской зоны (рис. 4) [Вулканизм ..., 1992; Косарев и др., 2023] показаны разломы (I — I, II — II), расположенные на границе ниже-среднепалеозойских вулканогенных и вулканогенно-осадочных свит и терригенно-известковистых формаций представленных зилаирской свитой флишеидного состава, и карбонатных формаций нерасчлененных. Краевые разломы (I — I, II — II) имеют север-северо-западную ориентировку (аз. пр. 10°), элементы кулисного строения и встречное падение [Серавкин, Родичева, 1990]. Западный разлом (I-I) погружается на восток-северо-восток под углом 45°. Восточный разлом (II-II) погружается на запад-юго-запад под углом 50° под комплексы Утягуловско-Блявинской синклинальной зоны. Эти разломы на структурной схеме И. Б. Серавкина [Вулканизм ..., 1992] показаны надвигами встречного падения. На юго-западе

и северо-востоке площади располагаются краевые поднятия: Кувандык-Рысаевское и Катралинско-Юмагузинское. Намечается структурная зона разрывных нарушений III-III север-северо-восточного простирания, аз. пр. 10–15°. Одна из таких зон ограничивает поле выходов кембро-девонских вулканогенных и вулканогенно-осадочных формаций от поля распространения монотонных кремнистых пород сакмарской свиты на северном ограничении Утягуловской синклинали. Эта зона обнаруживает кулисное строение с фрагментами, характерными для левосдвиговых разрывных нарушений. По широте кулисная зона составляет около 4–5 км. Фрагменты разломов и выходы серпентинитов в пределах этой зоны занимают секущее положение относительно толщ зилаирской свиты, что свидетельствует об их проявлении в послезилаирский период. На линии разлома I — I имеет место перегиб тектонической зоны по аз пр. 20–45°. В северо-восточной части этой разрывной зоны с ней совпадает северо-западный контакт Катралинской синформы серпентинизированных ультрабазитов.

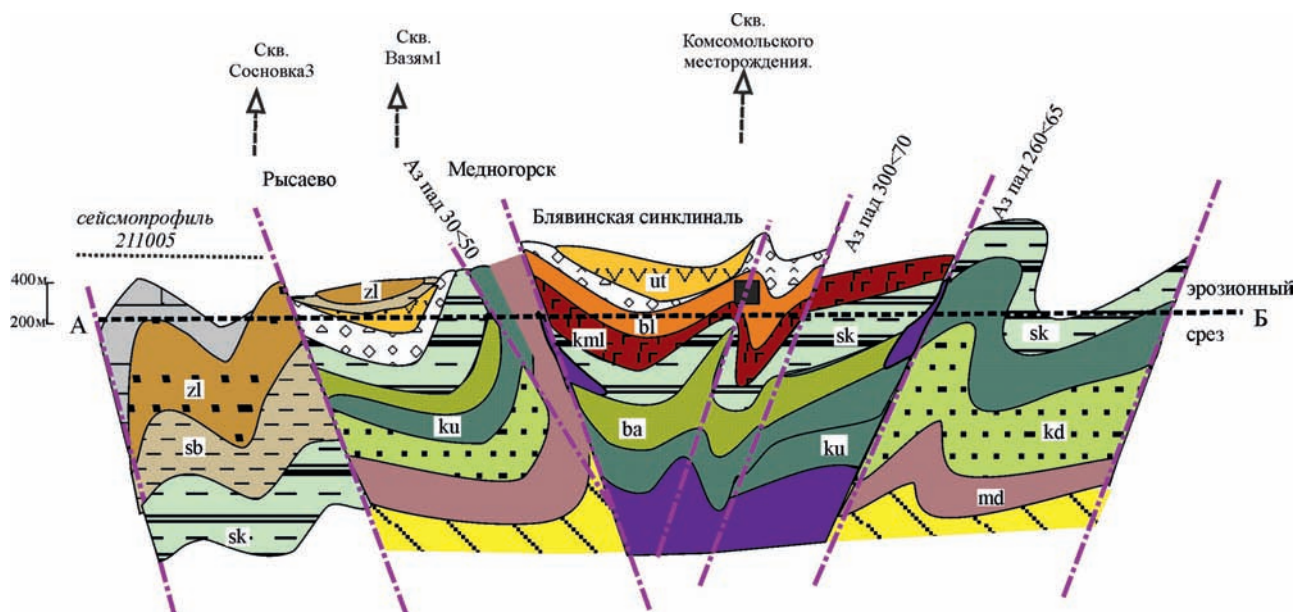


Рис. 3. Предполагаемый геологический разрез через южную часть Сакмарской зоны (по линии А — Б на рис. 1). Составлен Е. Н. Горожанinou по материалам И. Б. Серавкина [Серавкин, Родичева, 1990], и на основе анализа данных бурения (вынесено положение скважин Сосновка 3 и Вазям 1, расположенных севернее), и по сейсмическим материалам (данные ООО «ВолгоУралНИПИГАЗ», 2011 г.)
Условные обозначения см. рис. 1.

Fig. 3. Supposed geological section through the southern part of the Sakmara zone (along line A — B in Fig. 1). Compiled by E. N. Gorozhanina based on materials from I. B. Seravkin [Seravkin, Rodicheva, 1990], and based on the analysis of drilling data (the position of the Sosnovka 3 and Vazyam 1 wells, located to the north), and seismic materials (data from VolgoUralNIPIGAZ LLC, 2011)

For symbols, see fig. 1.

В средней части Сакмарской зоны между пограничными разломами I-I и II-II намечается три структурные зоны северо-западного простирания 1-1, 2-2, 3-3 (см. рис. 4). Эти зоны образованы цепочками синформ (аз. пр. 280–350°). Центральная зона (2-2) образована двумя синформами: Утягуловская синклиналь (У) и Блявинская синформа (Б). По длинной оси СЗ простирания они составляют 20 км и 15 км. По форме указанные структуры похожи на деформированные слабо обжатые ромбы. Вдоль границ Блявинской синформы трассируются тела серпентинитов и выходы пород акчуринской свиты. На границах Утягуловской синклинали серпентиниты редки, но везде фиксируется стратиграфическое несогласие [Вулканизм..., 1992]. В юго-восточной части Утягуловской синклинали намечается разрывное нарушение северо-восточного (аз. пр. 60°) направления.

Ромбовидная форма Блявинской синформы и Утягуловской синклинали может быть связана с проявлением левосдвиговых, включая микросдвиговые деформаций северо-западной ориентировки субпараллельной разломам I-I и II-II. В соседних структурных зонах синформы более мелкие, но почти везде отмечается присутствие серпентинитов в ассоциации с отложениями акчуринской свиты и удлиненная каплевидная или эллипсоидальная (сигмовидная) апоромбовидная форма. В краевой восточной зоне 1-1 выделяются Яmano-Кураганская

и Имеллинская синформы (см. рис. 4), длинные оси синформ образуют левую кулису, что указывает на наличие сдвиговых север-северо-западных напряжений при их образовании. Присутствие тел (протрузий) серпентинитов в рассматриваемых апоромбовидных структурах говорит в пользу того, что это были дуплексы растяжения.

ОБСУЖДЕНИЕ

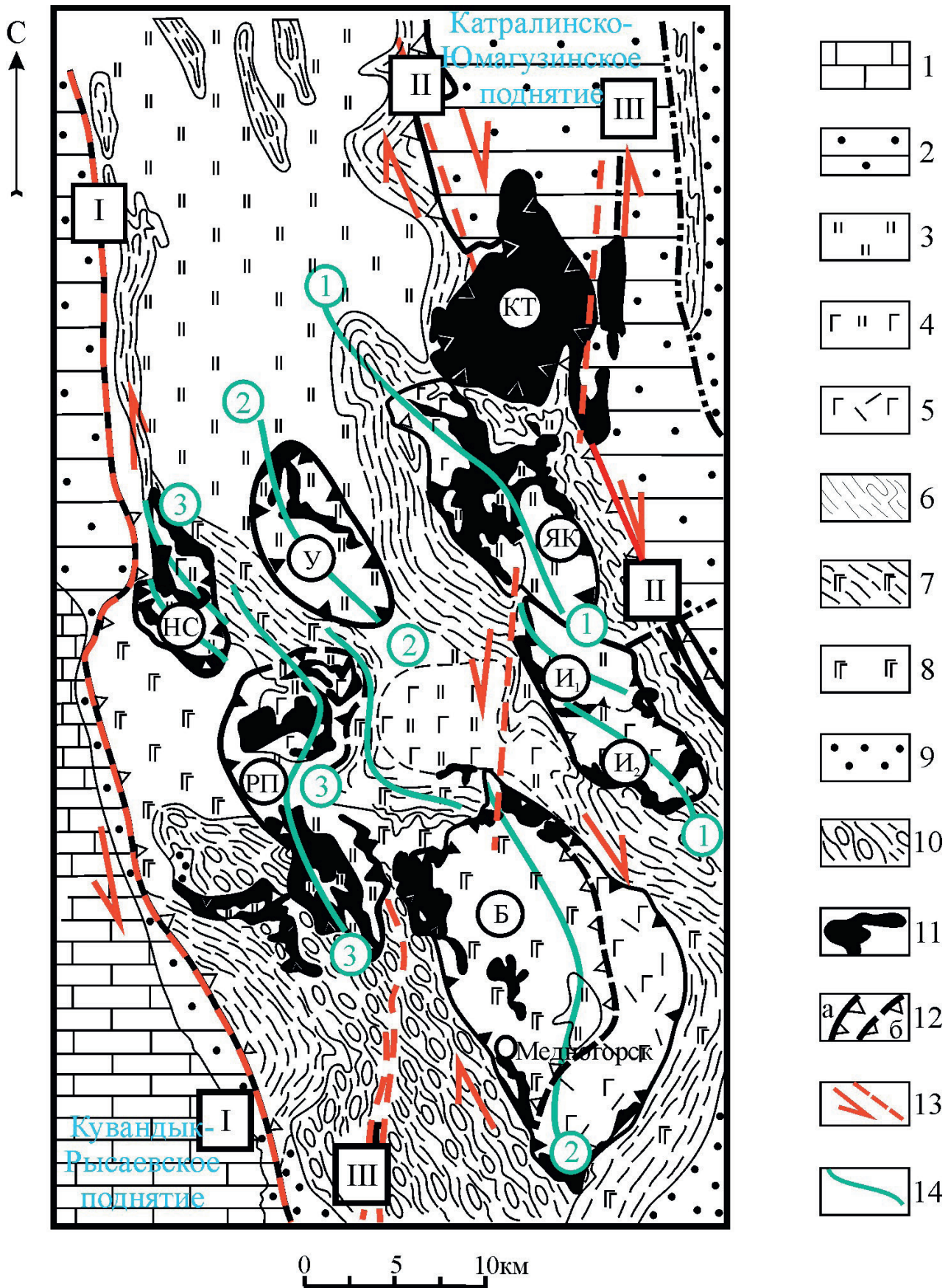
Палеовулканические комплексы Сакмарской зоны описаны в составе единого Кракинско-Медногорского палеовулканического пояса [Серавкин, Родичева, 1990; Косарев и др., 2023], который является северной частью Сакмарской зоны Урала. На западе пояс сочленяется с Восточно-Европейской платформой (ВЕП), а на востоке с Уралтауским антиклинорием и зоной ГУР. Особенностью пояса является, то, что слагающие его вулканические комплексы по составу в общем виде сопоставимы с вулканитами, присутствующими в разрезах Магнитогорского мегасинклинория. Отмечается большая роль тектонических контактов между стратиграфическими подразделениями, что послужило основой для разработки модели краевого Сакмарского аллохтона [Абдулин, 1973; Абдулин и др., 1977; Руженцев, 1976; Перфильев, 1979], в которой предполагается тектонический переброс вулканогенных толщ из Западно-Магнитогорской в Сакмарскую зону. Значительная

Рис. 4. Структурная схема расположения досреднедевонских комплексов северной части Сакмарской зоны Урала [Серавкин, Родичева, 1990] с дополнениями А. М. Косарева

Условные обозначения: 1-2 – осадочные формации обрамления Сакмарской зоны, «снятые» на ее территории: 1 – карбонатная (нерасчлененная $C_{1,2}$), 2 – флишевая зилайской свиты ($D_3fm - C_{1,t}zl$), 3-11 – формации досреднедевонского этапа: 3 – кремнистая, сакмарской свиты ($S - D_1sk$), 4 – кремнисто-базальтовая, карамолинской свиты ($S - D_1kml$), 5 – риолит-базальтовая, блявинской свиты ($S - D_1bl$), 6 – терригенная алевро-пелитовая, кураганской свиты ($O_{1,2}ku$), 7 – базальт-терригенная, кураганской свиты ($O_{1,2}ku$), 8 – трахибазальтовая, баулуской свиты ($O_{1,2}ba$), 9 – терригенная грабеновая, кидрясовской свиты ($C - O_1kd$), 10 – карбонатно-терригенно-трахибазальтовая, медногорской свиты ($C - O_1md$), 11 – серпентиниты и гипербазиты; 12 – надвиги установленные (а) и предполагаемые (б); 13 – разломы сдвига-надвигового типа (I-I – Кувандыкский, II-II – Юмагузинский, III-III – Катралинский) и направление движений по ним; 14 – осевые зоны ромбовидных и эллипсоидных структур СЗ ориентировки (1-1 – Яmano-Кураганская-Имеллинская, 2-2 – Утягуловская-Блявинская, 3-3 – Новосакмарская-Рамазано-Псянчиновская). Структуры: КТ – Катралинский гипербазитовый массив, У – Утягуловская, ЯК – Яmano-Кураганская, НС – Новосакмарская, РП – Рамазано-Псянчиновская; И1, И2 – Имеллинская, Б – Блявинская.

Fig. 4. Structural and formational diagram of the northern part of the Sakmara zone of the Urals, pre-Middle Devonian complexes [Seravkin, Rodicheva, 1990] with additions by A. M. Kosarev.

Legend: 1-2 – sedimentary formations framing the Sakmara zone, «removed» on its territory: 1 – carbonate (undivided $C_{1,2}$), 2 – flysch of the Zilair Formation ($D_3fm - C_{1,t}zl$), 3-11 – formations of the pre-Middle Devonian stage: 3 – siliceous, Sakmara Formation ($S - D_1sk$), 4 – siliceous-basalt, Karamolinsk Formation ($S - D_1kml$), 5 – rhyolite-basalt, Blyavinsk Formation ($S - D_1bl$), 6 – terrigenous silty-pelitic, Kuragan Formation ($O_{1,2}ku$), 7 – basalt-terrigenous, Kuragan formation ($O_{1,2}ku$), 8 – trachybasalt, Baulus formation ($O_{1,2}ba$), 9 – terrigenous graben, Kidryasovo formation ($C - O_1kd$), 10 – carbonate-terrigenous-trachybasaltic, Mednogorsk Formation ($C - O_1md$), 11 – serpentinites and hypermafic rocks; 12 – established (a) and suspected (b) thrusts; 13 – strike-slip type faults (I-I – Kuvandyksky, II-II – Yumaguzinsky, III-III – Katralinsky) and the direction of movement along them and the direction of movement along them; 14 – axial zones of structures (1-1 – Yamano-Kuraganskaya-Imellinskaya, 2-2 – Utyagulovskaya-Blyavinskaya, 3-3 – Novosakmarskaya-Ramazano-Psyanchinovskaya). Structures: KT – Katralinsky hyperbasic massif, U – Utyagulovsky, YK – Yamano-Kuragansky, NS – Novosakmarsky, RP – Ramazano-Psyanchinovsky; I1, I2 – Imellinsky, B – Blavinsky.



группа исследователей сделала выводы, что, несмотря на некоторое сходство вулканогенно-осадочных и вулканических комплексов Магнитогорской зоны со сходными формациями Сакмарской зоны, существуют и заметные их различия, что свидетельствует об автономном развитии Сакмарско-Медногорско-Кракинского пояса [Самыгин, 1980; Иванов, Пучков, 1984; Формирование ..., 1986; Вулканизм..., 1992; Кориневский, 2020].

Если рассматривать выходы серпентинитов в обрамлении синформ не как подстилающие тектонические пластины слои, а как блоки, входящие в осадочные оползневые образования (микститы, олистостромы) ачуринской свиты, но претерпевшие сдвиговые деформации в более позднее (позднепалеозойское) время, то эти образования получают определенную стратиграфическую и палеогеографическую позицию. Они отражают активную сейсмичность при развитии субдукции океанической коры окраинного моря под островные дуги. На фронте субдукции (внутреннем склоне желоба) формировалась аккреционная призма, сложенная офиолитами, которая активно разрушалась, поставляя материал в глыбовые оползневые отложения. Можно предположить, что первоначальное положение аккреционной призмы не сохранилось. Возможно, часть комплексов надсубдукционной аккреционной призмы, включающей выходы гарцбургитовых массивов, находится в южных частях Сакмарской зоны. В зоне ГУР к комплексам разрушения предостроводужной аккреционной призмы относится ишкининская толща [Зайков, Мелекесцева, 2005] раннего-среднего девона. Это уровень более широкого распространения олистостромовых отложений и серпентинитокластовых брекчий, связанных с размывом аккреционной призмы, содержащей протрузии ультрабазитов. Они практически повсеместно перекрывали нижележащие субокеанические толщи.

В среднем девоне формировались вулканогенные и вулканогенно-осадочные комплексы утягуловской и ишмуратовской свит с характерными геохимическими признаками надсубдукционных и субконтинентальных комплексов. Перекрытие вулканитов кремнисто-глинистыми ритмитами улутауской свиты указывает на завершение субдукционных процессов.

Последующая общемировая морская трансгрессия в позднем девоне (франский век) фиксируется кремнистыми породами сарбайской и егиндинской свит (аналоги актауской и мукасовской свит соседних районов) [Артюшкова, Маслов, 2022].

Это указывает на заполнение окраинно-морских впадин глубоководными кремнистыми илами.

В фамене кремнистые осадки егиндинской свиты согласно перекрываются флишем зилаирской свиты [Стратиграфия..., 1993], которая маркирует начало «мягкой» коллизии (дуга — континент) восточных дуг с окраиной Балтики [Пучков, 2000, 2010]. Это означает прекращение процессов спрединга и субдукции и накопление дистального флиша в Сакмарском окраинном море. Франские кремнистые осадки (мукасовская свита, кремни новоусмановской толщи, «ибрагимовский» горизонт) и перекрывающие их зилаирские флишевые отложения распространены по обе стороны Уралтау [Артюшкова, Маслов, 2022]. Сказанное может означать, что метаморфические комплексы пород зоны Уралтау были погружены (затоплены) и не выходили на поверхность во фране. В то же время, присутствие обломков метаморфических пород в зилаирских песчаниках указывает на источник сноса с «кордильеры» Уралтау, образовавшейся в фамене в виде аккреционного поднятия на стадии коллизии дуги с континентом [Willner et al., 2002; Мизенс, Свяжина, 2007].

Геодинамические реконструкции. Проведенный анализ геологических данных по северной части Сакмарской зоны показал, что здесь имеется разрез отложений от кембрия до фамена. Рифтогенез кембрий-ордовикского этапа (по типу Красноморского рифта), отражает начальную стадию раскрытия океанического пространства [Пучков, 2000], но раскол, по-видимому, проходил не по окраине Восточно-Европейского континента (или Лаврусии), а по границе с предполагаемым древним (венд-кембрийским) палеостроводужно-микроконтинентальным блоком [Самыгин, 1980; Мизенс, Свяжина, 2007]. В серии публикаций рассматривается существование доордовикской эпиконтинентальной островной дуги или микроконтинента, впоследствии во время Уральского орогенеза, придвинутого и аккретированного к пассивной окраине Восточно-Европейской платформы [Самыгин и др., 2005; Мизенс, Свяжина, 2007; Рязанцев и др., 2008; Кузнецов и др., 2017; Голионко и др., 2023].

Стратиграфически выдержанная последовательность разнофациальных комплексов пород Сакмарской зоны указывает на смену геодинамических обстановок, отражающих полный цикл Вильсона [Пучков, 2000; Иванов, 1998]. Этот цикл включает этапы континентального рифтогенеза (медногорский комплекс) и последующего рас-

крытия океанического пространства (баулусский комплекс), затем постепенного его закрытия в процессе субдукции (силурийско-раннедевонские карамолинский и блявинский, девонские утягуловский и ишмуратовский комплексы) до закрытия в позднем девоне (зилаирская свита) в результате коллизии этих дуг с континентом или микроконтинентом.

Вулканические комплексы, слагающие разрез палеозойского возраста в пределах Сакмарской и Магнитогорской зон обнаруживают в своём строении элементы цикличности. Крупные циклы, выделяемые нами [Косарев, Шафигулина, 2024] представляют собой формационные ряды с направленной эволюцией химизма вулканитов от начала цикла к его завершению. Характер эволюции составов формаций или комплексов определяется режимом субдукции океанической литосферы. Начальные этапы циклов отражают относительно небольшие глубины зон магмообразования в мантийном клине (30–50 км) [Авдейко и др., 2006] и высокие степени плавления мантийного субстрата (25–50%) [Косарев и др., 2005, 2006]. Вулканиты этих этапов принадлежат толеитовой островодужной и бонинитовой петрогенетической сериям. Последующая эволюция вулканизма ведёт к формированию вулканитов толеитовой островодужной и известково-щелочной серий. Завершает цикл вулканизм известково-щелочной и шохонитовой серий с характерной высокой калиево-щелочностью, повышенной общей щелочностью, низкими степенями плавления мантийного субстрата в зоне магмообразования и большими глубинами (70–100 км) погружения кровли слэба [Авдейко и др., 2006; Богатилов и др., 2010].

В Сакмарской зоне крупный колчеданоносный вулканический цикл (часть цикла Вильсона) завершается трахибазальт-трахитовым чанчарским комплексом (D_1e_1). Возрастной и формационный аналог чанчарского комплекса — мостострельский базальт-латит-трахитовый комплекс, — охарактеризован в зоне ГУР [Тищенко, 1971]. В районе д. Репино в Оренбургской области, на восточном берегу р. Елшанки мостострельский комплекс залегает на эдафогенных серпентинитовых брекчиях со стратиграфическим контактом, а пререкрывается брекчиями бонинито-базальтов баймак-бурибаевской свиты [Стратиграфия ..., 1993; Косарев, 2007].

Отсутствие в зоне ГУР возрастных и формационных аналогов блявинского (S_1-D_1) комплекса свидетельствует в пользу относительной автохтонности практически всех комплексов Сакмарской

зоны и их последующего сгущивания в результате коллизионных процессов.

Современными аналогами этих условий могут служить окраинные моря Южно-Китайского региона [Родников и др., 2011], сочетающие условия рифтогенеза на континентальном основании и образования зон растяжения с океанической корой. Здесь же происходит формирование зон субдукции и коллизии дуга-микроконтинент (о. Тайвань) на границе окраинного моря и океана [Fuh et al., 1997; Brown et al., 2006; Wakita et al., 2013], а также окраинные бассейны Западно-Тихоокеанского региона [Изосов и др., 2020].

Структурные особенности северной части Сакмарской зоны. В островодужную и коллизионную стадию (вероятно, при столкновении континентов в конце палеозоя) проявляются сдвиго-надвиговые напряжения [Знаменский, Знаменская, 2006], сформировавшие Новосакмарско-Ромадановскую, Утягуловско-Блявинскую, Ямано-Курагановско-Иммелинскую сдвиговые зоны С-З ориентировки с образованием ромбовидных структур с выходами офиолитовых комплексов (см. рис. 4). Их особенностями являются следующие черты структуры: 1 — отсутствие в зонах 1–3 (см. рис. 4) магистральных амплитудных разломов; 2 — умеренный характер расщепления, позволяющий диагностировать вулканические и тифогенные брекчии, а также реликты вестиментифер [Масленников, 1999], субвулканические и экструзивные тела и дайки; в углисто-кремнистых сланцах и в известковистых алевролитах сохраняются граптолиты, а в кремнистых породах — конодонты [Стратиграфия ..., 1993; Рязанцев и др., 2005, 2008; Артюшкова, 2014]; 3 — несовершенная форма офиолитовых ромбовидных, каплевидных и эллипсовидных фрагментов (синформ в под зонах 1–1, 2–2 и 3–3 (см. рис. 4), свидетельствующая об относительно слабой деформированности и «эмбриональном» характере сдвиговых зон.

Серия финальных событий, завершающих крупный вулканический цикл, включает эклогитизацию пород слэба, излом слэба, заложение сдвиговой тектонической зоны, сопряжённой с крутопадающим фрагментом слэба [Авдейко и др., 2006] и образование *slabwindow* (окно в слэбе). Окно в слэбе — это область внедрения астеносферного вещества, которое даёт начало новому крупному циклу вулканизма и интрузивного магматизма. В Сакмарской зоне завершение ордовик-силур-раннедевонского цикла фиксируется формированием чанчарского шохонитового комплекса. На восточ-

ном фланге Уралтауской антиформы происходит заложение сдвиго-надвиговой зоны ГУР, вслед за которой формируется толеит-бонинитовый бурибаевский (D_1e_2) комплекс (рис. 5), открывающий новый этап формирования Западно-Магнитогорской фронтальной островной дуги.

В завершение силурийско-раннеэмского цикла формируются чанчарский и мостостроевский вулканические комплексы. Происходит заложение Главного Уральского сдвиго-надвига.

На поздних этапах развития Сакмарской зоны формируется катралинская левосдвиговая север-северо-восточная зона (III-III) и северо-западные сдвиго-надвиги I-I и II-II, по которым кембрийско-девонские толщи были надвинуты на верхнекаменноугольные свиты. В результате

возникли структуры пальмового дерева с встречной вергентностью осевых плоскостей складчатых структур в северной части Сакмарской зоны (см. рис. 3). Прямолинейность пограничных зон разломов, может указывать на их сдвиговый характер и подновление на неотектонической стадии развития региона.

В изученных разрезах (см. рис. 1) стратиграфическая последовательность вертикальной смены комплексов сохранена [Горожанина и др., 2017]. Отмечаются также согласные контакты, например согласное залегание углеродистых сланцев сакмарской свиты на аргиллитах кураганской свиты (разрез Новокурский), аргиллитов зилаирской свиты на франских кремнистых сланцах верхней части сарбайской свиты (разрез Рысаево) (рис. 6). В целом

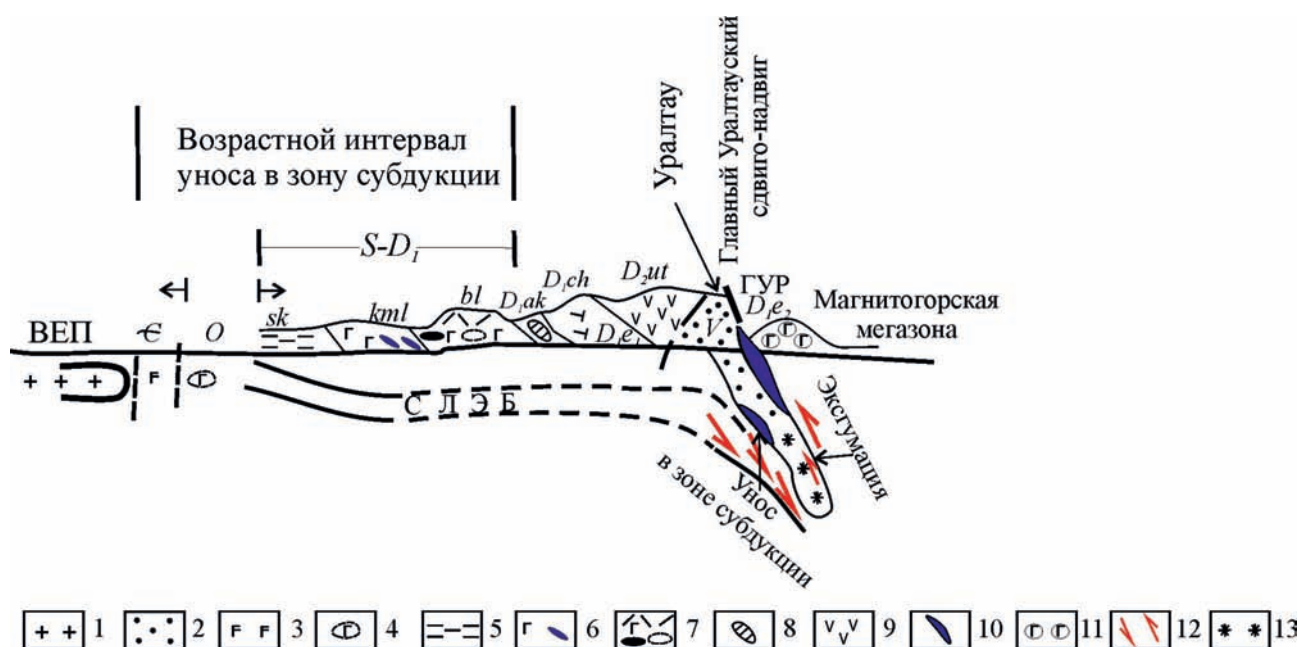


Рис. 5. Геодинамическая модель ранне-среднепалеозойского вулканизма в Сакмарской, Уралтауской и Вознесенско-Присакмарской (ГУР) зонах. Составлен с использованием материалов [Chemenda et al., 1997, Пучков, 2000, 2010, Ковалев и др., 2011, Косарев и др., 2023]

Условные обозначения: 1 – Восточно-Европейская плита (БЕП), 2 – терригенно-метаморфические породы уралтауского комплекса (V), 3 – базальты траппоидные медногорской свиты (€), 4 – пиллоу-базальты баулусского комплекса и его аналогов (O), 5–7 – отложения S-D₁; 5 – углисто-глинистые кремнистые сланцы (преобладающие) сакмарской свиты (S-D₁ sk), 6 – пиллоу-базальты с протрузиями ультрабазитов карамолинской свиты (S-D₁ kml), 7 – базальт-риодацитовая с телами колчеданных руд, блявинская свита (S-D₁ bl), 8 – кремнисто-обломочная акчуринская свита (D₁ ak), 9 – базальт-андезит-дацитовая утягуловская свита (D₂ ef ut), 10 – тела протрузивных ультрабазитов, 11 – базальты, бониниты, риодациты бурибайского комплекса (D₁e₂br), 12 – направления перемещения вещества в зоне субдукции, 13 – эколгитизированные породы уралтауского комплекса.

Fig. 5. Geodynamic model of Early-Middle Paleozoic volcanism in the Sakmara, Uraltau and Voznesensk-Prisakmar (GUR) zones. Compiled using materials [Chemenda et al., 1997, Puchkov, 2000, 2010, Kovalev et al., 2011, Kosarev et al., 2023]

Legend: 1 – East European Plate (БЕП), 2 – terrigenous-metamorphic rocks of the Uraltau Complex (V), 3 – trappoid basalts of the Mednogorsk Formation (€), 4 – pillow basalts of the Baulus complex and its analogues (O), 5–7 – deposits S-D₁; 5 – carbonaceous-clayey siliceous shales (dominant) of the Sakmara Formation (S-D₁ sk), 6 – pillow basalts with protrusions of ultrabasites of the Karamolinsk Formation, 7 – basalt-rhyodacite with bodies of sulfide ores, Blavinskaya Formation, 8 – siliceous-clastic Akchura Formation (D₁ ak), 9 – basalt-andesite-dacite Utyagulovka Formation (D₂ ef ut), 10 – bodies of protrusive ultrabasites, 11 – basalts, boninites, rhyodacites of the Buribay Complex (D₁e₂br), 12 – directions of movement of matter in the subduction zone, 13 – eclogitized rocks of the Uraltau Complex.

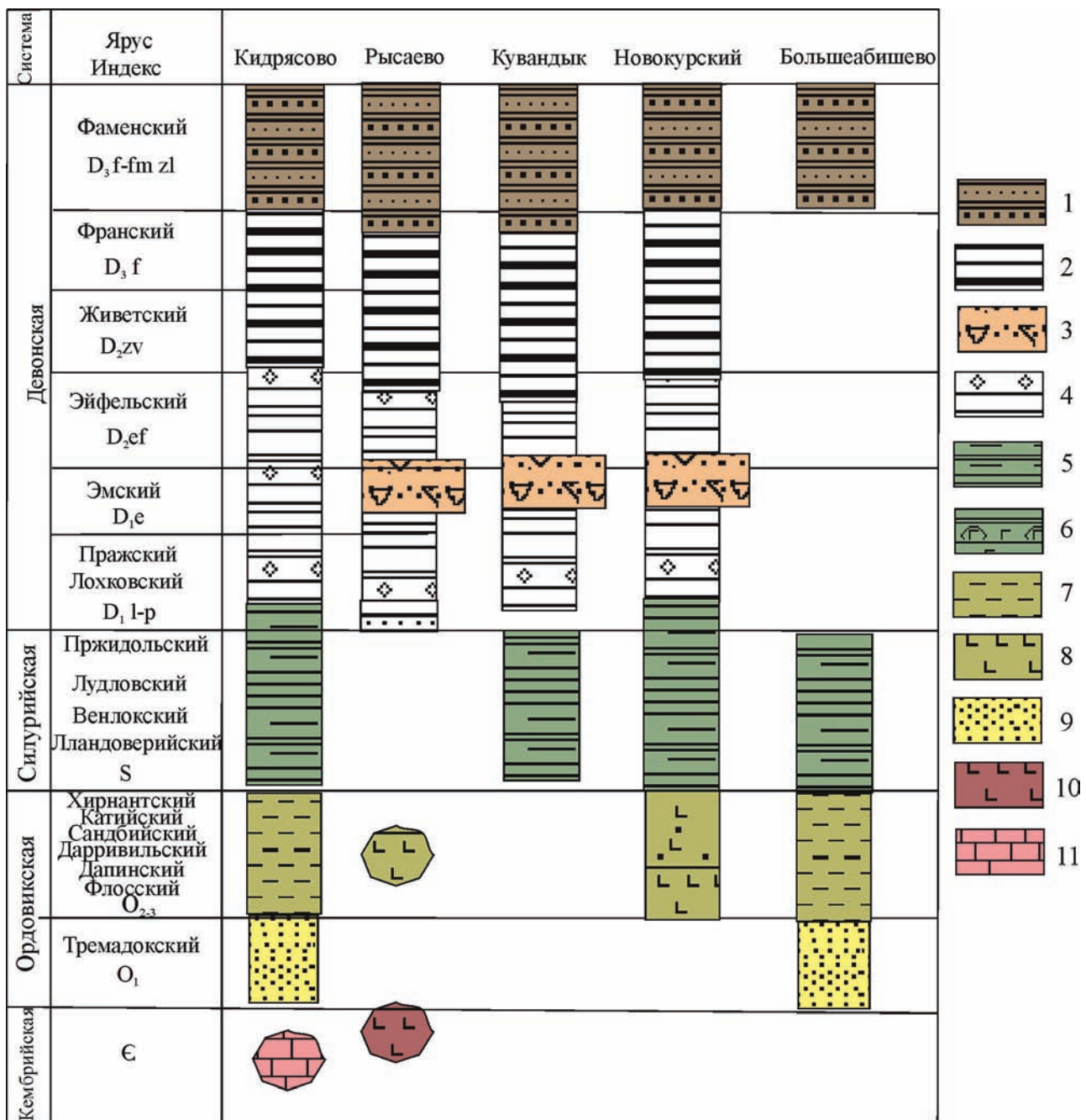


Рис. 6 Схема сопоставления отложений в изученных разрезах Сакмарской зоны. Кружками показаны осадочные и магматические комплексы, находящиеся в составе олистостромовых горизонтов

Условные обозначения: 1–4 – девон (1 – верхний девон, зилайская свита, флиш, 2 – средний – верхний девон, сарбайская свита, кремни, 3 – нижний-средний девон, олистостромовый комплекс, 4 – нижний-средний девон, акчуринская свита, кремни, кремнеобломочные брекчии, песчаники); 5–6 – силурийские породы (5 – сакмарская свита, 6 – дергайшская (карамолинская) свита); 7–9 – ордовикские породы (7–8 – кураганская свита, туфоаргиллиты и алевролиты, 9 – кидрясовская свита, кварцевые и аркозовые песчаники и гравелиты); 10–11 – породы кембрия (10 – лавы и туфы, 11 – археоциатовые известняки).

Fig. 6. Scheme of comparison of sediments in the studied sections of the Sakmara zone. Circles indicate sedimentary and igneous complexes that are part of olistostrome horizons

Legend: 1–4 – Devonian (1 – Upper Devonian, Zilair Formation, flysch, 2 – Middle – Upper Devonian, Sarbai Formation, cherts, 3 – Lower-Middle Devonian, olistostrome complex; 4 – Lower-Middle Devonian, Akchura Formation, cherts, siliciclastic breccias, sandstones); 5–6 – Silurian rocks (5 – Sakmara Formation, 6 – Dergaish (Karamola) Formation); 7–9 – Ordovician rocks (7–8 – Kuragan Formation, tuff mudstones and siltstones, 9 – Kidryasovo Formation, quartz and arkosic sandstones and gravelites); 10–11 – Cambrian rocks (10 – lavas and tufts, 11 – archaeocyate limestones).

северная часть Сакмарской зоны имеет синклинальное строение с ордовикскими отложениями в краевых частях и силуро-девонскими в центре (см. рис. 1). В западном обрамлении Сакмарской зоны, в породах зилаирской и ямашлинской свит и перекрывающих ее флишеидных комплексов куруильской и иткуловской свит нижнего карбона отмечаются узкие линейные складки с вергентностью на запад (см. рис. 2, 3, рис. 3). Сходный характер складчатых деформаций отмечается и в северной части Сакмарской зоны. Это указывает на совместное смятие отложений Сакмарской зоны и пререкрывающих флишевых комплексов в узкие линейные складки. В северо-восточном обрамлении зоны, в отложениях зилаирской свиты, наблюдаются складки как западной, так и юго-восточной вергентности [Сенченко, 1976; Голионко, Георгиевский, 2023]. Это указывает на поздние и пост-коллизийные процессы смятия отложений.

На современном эрозионном срезе Сакмарская зона представлена серией ромбовидно-сигмовидных блоков, границы которых маркируются выходами серпентинитов и глыбовыми брекчиями девонской акчуринской свиты. Данная структура отражает сдвиговый механизм тектонических смещений с формированием положительных и отрицательных цветочных структур, что видно на примере разреза Блявинской структуры (см. рис. 3, а — б, рис. 4). Первоначальное смятие в симметричные складки с последующим их сдвиганием и нарушением геологической последовательности объясняет синформность ромбовидных блоков.

Пограничные разломы север-северо-западного простирания отделяют Сакмарскую структурную зону с запада и востока, по которым она граничит с флишеидами фаменской зилаирской свиты. Пограничные разломы имеют сдвиго-взбросовую природу, что совпадает с высказанным на ранних этапах исследования Сакмарской зоны о ее горстовидном строении [Келлер, 1949; Эз и др., 1965; Сенченко, 1976]. Внутреннее строение Сакмарской зоны определяется серией ромбовидных блоков дуплексного типа, закономерно образовавшихся в сдвиго-раздвиговой зоне между двумя краевыми разломами.

Примером дивергентной сдвиго-взбросовой структуры «цветочного» типа является строение гряды Чернышева в Северном Приуралье. Эта структура образована в результате выжимания вверх клиновидного блока с синклиналью в центре и антиклиналями, наклоненными в сторону пограничных разломов [Тимонин, 1975].

Сдвигово-надвиговые движения, возможно, происходили как на ранней коллизийной «зилаирской» стадии, так и позднее в палеозойское — раннемезозойское время [Рязанцев, 2001]. Более молодые неотектонические движения оформили современную блоковую структуру. Дискуссионно выделение раннего (позднеостроводужного) этапа малоамплитудных сдвиговых дислокаций.

Выводы

Палеогеографические условия. В северной части Сакмарской зоне выведены на поверхность осадочные и вулканогенно-осадочные комплексы отложений, формировавших последовательно от кембрия до фамена в условиях окраинного моря, предположительно, отгороженного в пред-силурийское время микроконтинентальным блоком-террейном Уралтау-Эбетинской зоны от основного океана. В результате ордовикского рифтогенеза (кидрясовская песчаниковая свита, кураганская аргиллитовая свиты, баулуская базальтовая свита, новокурская толща) и силурийской трансгрессии (сакмарская свита) этот микроконтинентальный блок мог быть расколот и затоплен. В конце силура и в раннем девоне в образовавшемся океаническом пространстве формировались зоны субдукции с желобом и аккреционной призмой (акчуринская свита), вулканическими дугами (блявинская, утягуловская свиты) и междуговыми прогибами (ишмуратовская и улутауская свиты). Современным аналогом этих обстановок могут служить окраинные бассейны региона Южно-Китайского моря. Франская трансгрессия сопровождалась отложением кремнистых илов (сарбайская свита), как на окраине континента, так и в окраинных морях. В фамене на месте окраинного моря сформировался флишевый трог (зилаирская свита).

Геодинамические обстановки. На примере стратиграфически обоснованной смены разнофациальных комплексов пород Сакмарской зоны устанавливается последовательность геодинамических событий, отражающих развитие полного цикла Вильсона — от раскрытия окраинно-океанического пространства при рифтогенезе в кембрии, ордовике и силуре до его закрытия через механизмы субдукции в силуре и раннем-среднем девоне и коллизии в позднем девоне.

В эволюции вулканизма Сакмарской зоны важным является время завершения островодужного силурийско-раннедевонского цикла, когда сформировался чанчарский шошонитовый

вулканический комплекс. Удивительным является тот факт, что в Вознесенско-Присакмарской зоне в то же время, в раннем эмсе [Артюшкова, 2014] формируется аналог чанчарского комплекса шшонитовый и субщелочной мостостроевский комплекс (D_{1e}). Фрагменты мостостроевского комплекса присутствуют в виде клиппов в эдафогенных брекчиях серпентинитов и в разрезе кремнисто-трахит-латитового состава раннеэмского возраста у д. Репино в Оренбургской области. Здесь они подстилают вулканы баймак-бурибаевской свиты [Стратиграфия ..., 1993].

Ранний эмс — это время заложения сдвиго-надвиговой с протрузиями серпентинизированных ультрабазитов зоны ГУР.

Структурные особенности. Рассмотренный комплекс отложений не является типично аллохтонным — перекинутым из Магнитогорской зоны и ГУР, а рассматривается как горстовидная синсдвиговая цветочная структура, выведенная на поверхность из-под средне-верхнепалеозойских отложений Зилаирского синклинория, в результате бокового сжатия в позднеколлизивную стадию и реактивированная на неотектоническом этапе.

Список литературы:

- Абдулин А. А. Геология Мугоджар (стратиграфия, тектоника, магматизм). Алма-Ата: Наука, 1973. 391 с.
- Абдулин А. А., Авдеев А. В., Сеитов Н. С. Тектоника Сакмарской и Орь-Илекской зон Мугоджар. Алма-Ата: Наука, 1977. 241 с.
- Артюшкова О. В. О конденсированных разрезах девона северной части Самарской зоны на Южном Урале // Палеонтология и стратиграфия девона и карбона Южного Урала. Уфа: БНЦ УрО АН СССР, 1991. 41–45.
- Артюшкова О. В. Девонские конодонты из вулканогенно-кремнистых отложений Магнитогорской мегазоны Южного Урала. Уфа: Дизайн Пресс, 2014. 152 с.
- Артюшкова О. В., Маслов В. А. Разрез девона Восточно-Зилаирской зоны: расчленение и палеонтологическое обоснование по конодонтам // Литосфера. 2022. Т. 22, № 1. С. 14–38. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2022-22-1-14-38>
- Белова А. А., Рязанцев А. В., Разумовский А. А., Дегтярев К. Е. Раннедевонские надсубдукционные офиолиты в структуре Южного Урала // Геотектоника. № 4. 2010. С. 39–64.
- Бельков Ю. П. Палеовулканизм рудного поля Комсомольского месторождения и колчеданное рудообразование. Вулканические образования Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. С. 121–127.
- Бочкарев В. В., Язева Р. Г. Субщелочной магматизм Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. 256 с.
- Вулканизм Южного Урала (И. Б. Серавкин, А. М. Косарев, Д. Н. Салихов и др.). М.: Наука, 1992. 197 с.
- Голионко Б. Г., Георгиевский А. А. Структурная эволюция южной части зоны распространения суваньякского метаморфического комплекса и его обрамления (Южный Урал) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2023. Т. 68, № 3. С. 553–579. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2022.307>
- Голионко, Б. Г., Кузнецов, Н. Б., Страшко, А. С., Романюк, Т. В., Новикова, А. С., Дубенский, А. С., Шешуков, В. С., Ерофеева, К. Г. К вопросу о палеотектонической принадлежности протолита суваньякского метаморфического комплекса (Южный Урал) по результатам U-Th-Pb зерен детритового циркона // Геодинамика и тектонофизика, 2023. Т. 14, № 2. <https://doi.org/10.5800/GT-2023-14-2-0693>
- Горожанина Е. Н., Горожанин В. М., Золотарев Д. Г. Окраинно-морские осадочные комплексы Сакмарской зоны Южного Урала: состав, палеогеографические условия формирования и современное структурное положение // Тектоника современных и древних океанов и их окраин. Материалы XLIX Тектонического совещания. 2017. Т. 1. М.: ГЕОС. С. 106–111.
- Даниленко С. А. О химизме надрудных базальтов Комсомольского месторождения. Уфа: БНЦ УрО АН СССР, 1991. С. 116–121.
- Зайков В. В., Масленников В. В., Зайкова Е. В., Херрингтон Р. Рудно-формационный и рудно-фациальный анализ колчеданных месторождений Уральского палеоокеана. Миасс: ИМин УрО РАН, 2001. 315 с.
- Зайков В. В., Мелекесцева И. Ю., Артемьев А., Юминов А. М., Симонов В. А., Дунаев А. Ю. Геология и колчеданное оруденение южного фланга Главного Уральского разлома. Миасс: ИМин УРО РАН, 2009. 376 с.
- Зайков В. В., Мелекесцева И. Ю. Кобальт-медно-колчеданные месторождения в ультрамафитах аккреционной призмы Западно-Магнитогорской палеоостровной дуги // Литосфера. 2005. № 3. С. 73–98.
- Знаменский С. Е., Знаменская Н. М. Позднеколлизивные транспрессивные и трансенсивные структурные ассоциации Магнитогорского мегасинклинория (Южный Урал) // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана. Материалы VI Межрегиональной научно-практической конференции. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2006. С. 33–34.
- Иванов К. С. Основные черты геологической истории (1.6–0.2 млрд лет) и строение Урала: Дис. ... д-ра геол.-мин. наук. Екатеринбург: ИГиГ УНЦ РАН, 1998. 252 с.
- Иванов К. С., Пучков В. Н. Геология Сакмарской зоны. Свердловск: ИГГ УНЦ АН СССР, 1984. 86 с.
- Иванов К. С., Пучков В. Н. Стратиграфия девонских отложений Сакмарской зоны Урала и Мугоджар // Ежегодник-1990. Свердловск: Институт геологии и геохимии УНЦ РАН, 1991. С. 10–14.
- Изосов Л. А., Петрищевский А. М., Емельянова Т. А., Чупрынин В. И., Ли Н. С., Васильева М. А. Модель формирования Западно-Тихоокеанских окраинных морей: вихревая геодинамика, сейсмичность и мантийный апвеллинг // Вулканология и сейсмология. 2020. № 1. С. 49–63.

- Исаев В. А., Малахов И. А., Воронина Л. К. Хромшпинелиды из песчаников кидрясовской свиты нижнего ордовика Южного Урала // Докл. АН СССР. 1984. Т. 278, № 5. С. 1205–1209.
- Камалетдинов М. А. Покровные структуры Урала. М.: Наука, 1974. 230 с.
- Келлер Б. М. Флишевая формация палеозоя в Зилаирском синклинии на Южном Урале и сходные с ней образования. М.: Изд-во АН СССР, 1949. 172 с.
- Ковалев С. Г., Тимофеева Е. А., Пиндюрина Е. О., Ковалев С. С. Геохимия и условия образования эколгитов максютовского комплекса // Геологический сборник № 9. Юбилейный выпуск. ИГ УНЦ РАН. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2011. С. 173–185.
- Конюхов А. И. Черные глины и другие отложения, обогащенные органическим веществом, на окраинах материков в раннем и позднем палеозое // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. Геология, 2015. № 4. С. 22–33.
- Кориневский В. Г. Калиевые щелочные базальтоиды эйфеля Сакмарской зоны Мугоджар // Ежегодник — 1970 ИГТ УНЦ АН СССР. Свердловск, 1971. С. 16–19.
- Кориневский В. Г. Возраст рудовмещающей толщи Блявинского медноколчеданного месторождения на Урале // Советская геология. 1992. № 7. С. 24–27.
- Кориневский В. Г. Параавтохтонные палеоокеанические и островодужные комплексы Южного Урала // Литосфера. 2020. Т. 20. № 4. С. 542–556. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2020-20-4-542-556>
- Косарев А. М. Умереннощелочной и щелочной вулканизм раннеэмского времени на Южном Урале: геохимические особенности и геодинамические реконструкции // Литосфера. 2007. № 6. С. 54–70.
- Косарев А. М. Геология и геохимические особенности раннепалеозойских вулканических Сакмарской и Вознесенско-Присакмарской зон на Южном Урале // Литосфера. 2015. № 2. С. 40–64.
- Косарев А. М., Шафигуллина Г. Т. Колчеданная металлогения Южного Урала, геодинамика и структурные особенности // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана и сопредельных территорий. Материалы XV Межрегиональной научно-практической конференции. М.: Издательство «Перо», 2024. С. 106–111.
- Косарев А. М., Пучков В. Н., Серавкин И. Б., Шафигуллина Г. Т. Колчеданноносные вулканические комплексы Магнитогорской палеоостроводужной мегазоны на Южном Урале: модели рудно-магматических систем, геодинамические реконструкции // Петрология. 2022. Т. 30, № 1. С. 91–118.
- Косарев А. М., Тимофеева Е. А., Шафигуллина Г. Т., Даниленко С. А. Геодинамические обстановки силурийско-раннедевонского вулканизма на севере Сакмарской зоны (Южный Урал) // Геологический вестник. 2023. № 3. С. 59–73. DOI: 10.31084/2619-0087/2023-3-6
- Косарев А. М., Шардакова Г. Ю., Минибаева К. Р. Эволюция вулканизма и геодинамические обстановки в Сакмарской зоне Южного Урала в раннем палеозое // Литосфера. 2024 (в печати).
- Кропачев С. М., Бородаев Ю. С., Гончарова Т. Я. Блявинский рудный район // Палеозойский вулканизм и колчеданные месторождения Южного Урала. М: МГУ, 1968. С. 97–150.
- Кузнецов Н. Б., Дегтярев К. Е., Романюк Т. В., Рязанцев А. В., Белоусова Е. А., Третьяков А. А. U/Pb-изотопные возрасты и Lu/Hf-изотопно-геохимических систематика обломочных цирконов из ордовикских толщ Кокчетавского массива, Южного Урала и Прикаспия // Тектоника современных и древних океанов и их окраин. Материалы XLIX Тектонического совещания, посвященного 100-летию академика Ю. М. Пушаровского. М.: ГЕОС, 2017. Т. 1. С. 208–212.
- Леоненко Н. И. Силурийские отложения Костекского района (Северные Мугоджары) // Труды Лабор. Геол. Угля АН СССР. Вып. 3. М.: Изд-во Академия наук, 1955. С. 116–225.
- Масленников В. В. Седиментогенез, гальмиролиз, и экология колчеданосных палеогидротермальных поле. Миасс: Геотур, 1999. 348 с.
- Масленникова С. П., Масленников В. В. Сульфидные трубы палеозойских черных курильщиков (на примере Урала). Екатеринбург-Миасс: УрО РАН, 2007. 312 с.
- Мизенс Г. А., Свяжина И. А. О палеогеографии Урала в девоне // Литосфера. 2007. № 2. С. 29–44.
- Мурдмаа И. О. Фации океанов. М.: Наука, 1987. 303 с.
- Пейве А. В., Штрейс Н. А., Перфильев А. С., Поспелов И. И. Структурное положение гипербазитов на западном склоне Южного Урала // Проблемы теоретической и региональной тектоники. М.: Наука, 1971. С. 9–21.
- Перфильев А. С. Формирование земной коры Уральской эвгеосинклинали. М.: Наука, 1979. 188 с.
- Пучков В. Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 146 с.
- Пучков В. Н. Геология Урала и Приуралья. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
- Пучков В. Н. Плюмы — новое слово в геологии Урала // Литосфера. 2018. Т. 18. № 4. С. 483–499. DOI: 10.24930/1681-9004-2018-18-4-483-499
- Родников А. Г., Забаринская Л. П., Рашидов В. А., Сергеева Н. А. Субдукционные процессы и глубинное строение региона Южно-Китайского моря // Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Владивосток: ДВГИ, 2011. С. 37–39.
- Руженцев С. В. Краевые офиолитовые аллохтоны. М.: Наука, 1976. 171с.
- Рязанцев А. В. Мезозойские деформации палеозойского Урало-Монгольского пояса // Постколлизийная эволюция подвижных поясов. Тезисы докладов международной научной конференции (VII чтения А. Н. Заварицкого). Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2001. 36 с.
- Рязанцев А. В. Ордовикские структурно-вещественные комплексы западной части Магнитогорской мегазоны и краевых аллохтонов Южного Урала: строение и обста-

новки формирования. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: ГИН РАН, 2012. 29 с.

Рязанцев А. В., Толмачева Т. Ю. Ордовикские вулканогенные и плутонические комплексы Сакмарского аллохтона на Южном Урале // Геотектоника. 2016. № 6. С. 23–51.

Рязанцев А. В., Борисенко Д. В., Дубинина С. В., Калинина Е. А., Кузнецов Н. Б., Матвеева Е. А., Аристов В. А. Общая структура Сакмарской зоны Южного Урала в районе Медногорских колчеданных месторождений // Очерки по региональной тектонике. Т. 1: Южный Урал. М.: Наука, 2005. С. 84–135.

Рязанцев А. В., Дубинина С. В., Кузнецов Н. Б., Белова А. А. Ордовикские структурно-формационные комплексы в аллохтонах Южного Урала // Геотектоника. 2008. № 5. С. 49–78.

Рязанцев А. В., Разумовский А. А., Кузнецов Н. Б., Калинина Е. А., Дубинина С. В., Аристов В. А. Геодинамическая природа серпентинитовых меланжей на Южном Урале // Бюллетень МОИП, отдел Геологический. 2007. Т. 82. № 1. С. 32–47.

Самыгин С. Г. Дифференцированное смещение оболочек литосферы и эволюция формационных комплексов (Урал) // Тектоническая расслоенность литосферы. М.: Наука, 1980. С. 25–63.

Самыгин С. Г., Милеев В. С., Голионко Б. Г. Зона Уралтау: геодинамическая природа и структурная эволюция // Очерки по региональной тектонике. Т. 1: Южный Урал. М.: Наука, 2005. С. 9–35.

Сенченко Г. С. Складчатые структуры Южного Урала. М.: Наука, 1976. 172 с.

Семёнов И. В. Палеоокеанический спрединговый вулканизм Урала и реконструкция параметров Уральского палеозойского океана. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. 362 с.

Серавкин И. Б., Знаменский С. Е., Косарев А. М. Разрывная тектоника и рудоносность Башкирского Зауралья. Уфа: Полиграфкомбинат, 2001. 318 с.

Серавкин И. Б., Знаменский С. Е., Косарев А. М. Главный Уральский разлом на Южном Урале: структура и основные этапы формирования // Геотектоника. 2003. № 3. С. 42–64.

Серавкин И. Б., Родичева З. И. Кракинско-Медногорский палеовулканический пояс. Уфа: ИГ БНЦ УрО АН СССР, 1990. 53 с.

Сидоренко В. В., Байкова В. С., Степанов И. В. Вулканогенно-кремнистая группа формаций Сакмарской зоны на западном склоне Южного Урала. М.: Наука, 1964. 67 с.

Стратиграфия и корреляция среднепалеозойских вулканогенных комплексов основных медноколчеданных районов Южного Урала (Маслов В. А., Черкасов В. Л., Тищенко В. Т., Смирнова И. А., Артюшкова О. В., Павлов В. В.). Уфа: УНЦ РАН, 1993. 217 с.

Тимонин Н. И. Тектоника гряды Чернышева. Л.: Наука, 1975. 130 с.

Тищенко В. Т. Щелочно-базальтоидная формация нижнего девона в южной части западного крыла

Магнитогорского прогиба. *1 симпозиум по вулканизму Южного Урала: тез докл.* Миасс: УНЦ РАН, 1971. С. 43–44.

Тищенко В. Т., Черкасов В. Л. Новые данные по стратиграфии силурийских и нижнедевонских облюрованных в южной (Оренбургской) части западного крыла Магнитогорского прогиба // Биостратиграфия и литология палеозоя Южного и Среднего Урала. БФАН СССР. Уфа, 1985. С. 3–8.

Тюрин, А. М., Сначёв А. В., Коломоец А. В., Суяркова А. А. Углеродистые сланцы силура в контексте перспектив нефтегазоносности (Южный Урал, г. Кувандык) // Нефтегазовое дело. 2022. Т. 20. № 6. С. 6–19. <https://doi.org/10.17122/ngdelo-2022-6-6-19>

Федоров П. В., Кориневский В. Г., Золотарев Б. П. Геохимия раннедевонских калиевых пород Сакмарской зоны Южного Урала // Геохимия. 2017. № 4. С. 314–328. DOI: 10.7868/S0016752517020029

Формирование земной коры Урала (Иванов С. Н., Пучков В. Н., Иванов К. С., Самаркин Г. И., Семенов И. В., Пумпянский А. И., Дымкин А. М., Полтавец Ю. А., Русин А. И., Краснобаев А. А.). М.: Наука, 1986. 248 с.

Хворова И. В., Вознесенская Т. А., Золотарев Б. П., Ильинская М. Н., Руженцев С. В. Формации Сакмарского аллохтона (Южный Урал). М.: Наука, 1978. 232 с.

Холоднов В. В., Шардакова Г. Ю., Пучков В. Н., Петров Г. А., Шагалов Е. С., Салихов Д. Н., Коровко А. В., Прибавкин С. В., Рахимов И. Р., Бородин Н. С. Палеозойский гранитоидный магматизм Урала как отражение этапов геодинамической и геохимической эволюции коллизионного орогена // Геодинамика и тектонофизика. 2021. Т. 12. № 2. С. 225–245. <https://doi.org/10.5800/GT-2021-12-2-0522>

Чибрикова Е. В. Стратиграфия девонских и более древних палеозойских отложений Южного Урала и Приуралья. М.: Наука, 1977. 191 с.

Эз В. В., Гафт Д. Е., Кузнецов Б. И. Морфология и условия образования голоморфной складчатости на примере Зилаирского синклинория Южного Урала. М.: Наука, 1965. 102 с.

Brown D., Spadea P., Puchkov V., Alvarez-Marron J., Herrington R., A. Willner A., Hetzel R., Gorozhanina Y., Yuhlin C. Arc-continent collision in the Southern Urals // Earth Science Reviews. 2006. V. 79. P. 261–287.

Chemenda A., Matte Ph., Sokolov V. A model of Paleozoic obduction and exhumation of high-pressure/ low temperature rocks // Tectonophysics. 1997. V. 276. № 1–4. P. 217–227.

Fitton J. G., Saunders A. D., Norry M. J., Hardarson B. S. and Taylor R. N. Thermal and chemical structure of the Iceland plume // Earth and Planetary Science Letters. V. 153. № 3–4. 1997. P. 197–208. [https://doi.org/10.1016/s0012-821x\(97\)00170-2](https://doi.org/10.1016/s0012-821x(97)00170-2)

Fuh S.-C., Liu C.-S., Lundberg N., Reed D. L. Strike-slip faults offshore southern Taiwan: implications for the oblique arc-continent collision processes // Tectonophysics. 1997. V. 274. P. 25–39.

Wakita K., Pubellier M., Windley B. F. Tectonic processes, from rifting to collision via subduction, in SE Asia and the western Pacific: A key to understanding the architecture of the Central Asian Orogenic Belt // Lithosphere. 2013. V. 5. № 3. P. 265–276. <http://lithosphere.gsapubs.org>

Willner A. P., Ermolaeva T., Gorozhanina E. N., Puchkov V. N., Arzhavitina M. Y., Pazukhin V. N., Kramm U., Walter R. Surface signals of arc-continent collision: the detritus of the upper Devonian Zilair Formation in the Southern Urals, Russia // Mounting building in the Uralides: Pangea to the present. Geophysical monograph. 2002. V. 132. P. 183–209.

References:

Abduln A. A. (1973) *Geologiya Mugodzhar* (stratigrafiya, tektonika, magmatizm) [Geology of the Mugodzhar (stratigraphy, tectonics, magmatism)]. Alma-Ata, Nauka Publ., 391 p. (In Russian).

Abduln A. A., Avdeev A. V., Seitov N. S. (1977) *Tektonika Sakmarskoi i Or' — Ilekskoi zon Mugodzhar* [Tectonics of the Sakmara and Or-Ilek zones in Mugodzhar]. Alma-Ata, Nauka Publ., 241 p. (In Russian).

Artyushkova O. V. (1991) On condensed Devonian sections of the northern part of the Samara zone in the Southern Urals. *Paleontologiya i stratigrafiya devona i karbona YUzhnogo Urala* [Paleontology and stratigraphy of the Devonian and Carboniferous of the Southern Urals]. Ufa: BNTS UrO AN SSSR, 41–45. (In Russian).

Artyushkova O. V. (2014) *Devonskie konodonty iz vulkanogenno-kremnistyh otlozhenii Magnitogorskoi megazoni YUzhnogo Urala* [Devonian conodonts from volcanogenic-siliceous deposits of the Magnitogorsk megazone of the Southern Urals]. Ufa: Dizain Press, 152 p. (In Russian)

Artyushkova O. V., Maslov V. A. (2022) Devonian succession in the East-Zilair zone: conodont-based subdivision and paleontological verification. *Lithosfera*, **22** (1), 14–38. (In Russian). doi.org/10.24930/1681-9004-2022-22-1-14-38

Bel'kov Yu. P. (1978). Paleovolcanism of the ore field of the Komsomolskoye deposit and sulfide ore formation. Volcanic formations of the Urals. *Vulkanicheskie obrazovaniya Urala* [Volcanic formations of the Urals]. Sverdlovsk: UNTS AN SSSR, 121–127. (In Russian).

Bochkarev V. V., Yazeva R. G. (2000) *Subshchelochnoi magmatizm Urala* [Subalkaline magmatism of the Urals]. Ekaterinburg: Russian Academy of Sciences, Urals Branch, 256 p. (In Russian).

Vulkanizm YUzhnogo Urala [Volcanism of Southern Urals] (1992) (I. B. Seravkin, A. M. Kosarev, D. N. Salikhov, S. E. Znamensky, Z. I. Rodicheva, M. V. Rykus, V. I. Snachev). Moscow, Nauka Publ., 197 p. (In Russian).

Golionko B. G., Georgievskii A. A. (2023) Structural evolution of the southern part of the Suvanyak metamorphic complex and its framing (Southern Urals). *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta* [Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences], **68** (3), 553–579. https://doi.org/10.21638/spbu07.2022.307 (In Russian).

Golionko B. G., Kuznetsov N. B., Strashko A. S., Romanyuk T. V., Novikova A. S., Dubenskii A. S., Sheshukov V. S., Erofeeva K. G. (2023) On paleotectonic belonging of the Suvanyak metamorphic complex (Southern Urals) from the U-Th-Pb dating of detrital zircon grains. *Geodynamics and Tectonophysics — Geodinamika i tektonofizika*, **14** (2). https://doi.org/10.5800/GT-2023-14-2-0693 (In Russian).

Gorozhanina E. N., Gorozhanin V. M., Zolotarev D. G. (2017) Marginal-marine sedimentary complexes of the Sakmara zone of the Southern Urals: composition, paleogeographic conditions of formation and modern structural position. *Tektonika sovremennykh i drevnykh okeanov i ih okrain. Materialy XLIIH Tektonicheskogo soveshchaniya* [Tectonics of modern and ancient oceans and their margins. Materials of the XLIX Tectonic Meeting]. T. 1. Moscow, GEOS, 106–111. (In Russian).

Danilenko C. A. (1991) *O himizme nadrudnykh bazal'tov Komsomol'skogo mestorozhdeniya* [On the chemistry of superore basalts of the Komsomolsk deposit]. Ufa, 116–121. (In Russian)

Zaykov V. V., Maslennikov V. V., Zaykova E. V., Kherrington R. (2001) Rudno-formatsionnyy i rudno-fatsial'nyy analiz kolchedannykh mestorozhdenij Ural'skogo paleookeana [Ore-formation and ore-facial analysis of base metal massive sulphide deposits of the Ural Ocean]. Miass: IMin UrO RAN, 315 p. (In Russian).

Zaykov V. V., Melekestseva I. YU., Artem'ev D. A., Simonov V. A., YUminov A. M., Dunaev A. YU. (2009) *Geologiya i kolchedannoe orudnenie yuzhnogo flanga Glavnogo Ural'skogo razloma* [Geology and massive sulphide mineralization of the southern flank of the Main Ural Fault]. Miass, IMin UrO RAN, 376 p. (In Russian).

Zaikov V. V., Melekestseva I. YU. (2005) Kobal't-mednokolchedannye mestorozhdeniya v ul'tramafitakh akkretsiionnoj prizmy Zapadno-Magnitogorskoy paleoostrovnoj dugi [Co-Cu-pyrite deposits in ultramafites of the accretionary prism of the West Magnitogorsk paleoisland arc]. *Lithosphere* (Russia), (3), 73–98. (In Russian).

Znamenskii S. E., Znamenskaya N. M. (2006) Late collisional transpressive and transtensive structural associations of the Magnitogorsk megasynclorium (Southern Urals). *Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geologii Bashkortostana. Materialy VI Mezhtsevnogo nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Geology, minerals and problems of geology of Bashkortostan. Materials of the VI Interregional Scientific and Practical Conference]. Ufa, DizainPoligrafServis, 33–34. (In Russian).

Ivanov K. S. (1998). Osnovnye cherty geologicheskoi istorii (1.6–0.2 mlr let) i stroeniya Urala [Main Features of Geological History (1.6–0.2 Ga) and Structure of the Urals]. *Dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni doktora geologo-mineralogicheskikh nauk v forme nauchnogo doklada*. [Doctor geol. and min. sci. diss.]. Ekaterinburg: IGI UNTS RAN 252 p. (In Russian).

Ivanov K. S., Puchkov V. N. (1984) *Geologiya Sakmarskoi zony* [Geology of the Sakmara zone]. Sverdlovsk: IGG UNTS AN SSSR, 86 p. (In Russian).

Ivanov K. S., Puchkov V. N. (1991) Stratigrafiya devonskih otlozhenii Sakmarskoi zony Urala i Mugodzhar [Stratigraphy of Devonian deposits of the Sakmara zone of the Urals and Mugodzhar]. *Yearbook-1990*. Sverdlovsk, IGI UNTS RAN, 10–14. (In Russian).

Izosov L. A., Petrishchevskii A. M., Emel'yanova T. A., Chuprynin V. I., Li N. S., Vasil'eva M. A. (2020) Model' formirovaniya Zapadno-Tihookeanskih okrainnykh morei: vkhvaya geodinamika, seismichnost' i mantiyniy apvellin [Model of the formation of the Western Pacific marginal seas: eddy geodynamics, seismicity and mantle upwelling].

Vulkanologiya i seismologiya [Volcanology and Seismology], (1), 49–63. (In Russian).

Isaev V. A., Malakhov I. A., Voronina L. K. (1984) Chrom-spinelids from sandstones of the Kidryasovskaya formation of the Lower Ordovician of the Southern Urals. *Doklady Earth Sciences*, **278** (5), 1205–1209. (In Russian).

Kamaletdinov M. A. *Pokrovnye struktury Urala [Integumentary structures of the Urals]*. M.: Nauka, 1974. 230 p.

Keller B. M. (1949) Paleozoic flysch formation in the Zilair synclinorium in the Southern Urals and similar formations. *Tr. IG AN SSSR [Proceedings of the Institute of Geol. USSR Academy of Sciences]*. Vyp. **104** (34). Moscow, Izd-vo AN SSSR, 172 p. (In Russian).

Kovalev S. G., Timofeeva E. A., Pindyurina E. O., Kovalev S. S. (2011) Geokhimiya i usloviya obrazovaniya eklogitov maksyutovskogo kompleksa [Geochemistry and conditions for the formation of eclogites of the Maksyutovo complex]. *Geologicheskii sbornik*, (9). Ufa: DizainPoligrafServis, 173–185. (In Russian).

Konyukhov A. I. (2015) Black clays and other organic-rich sediments at continental margins in the early and late Paleozoic. *Vestn. Mosk. Un-ta. Ser. Geologiya*, (4), 22–33. (In Russian).

Korinevskii V. G. (1971) Kalievye shchelochnye bazal'toidy eifelya Sakmarskoi zony Mugodzhar [Potassium alkaline basalts of the Eifelian Sakmara zone Mugodzhar]. *Yearbook — 1970 of the Institute of Geology and Geochemistry of the USSR Academy of Sciences*. Sverdlovsk, 16–19. (In Russian).

Korinevskii V. G. (1992) Vozrast rudovmeshchayushchei tolshchi Blyavinskogo mednokolchenannogo mestorozhdeniya na Urale [Age of the ore-bearing strata of the Blyava copper deposit in the Urals]. *Sovetskaya geologiya*, (7), 24–27. (In Russian).

Korinevskii V. G. (2020) Paraavtohtonnye paleoceanicheskie i ostrovoduzhnye komplekсы YUzhnogo Urala [Parautochthonic paleoceanic and island-arc complexes of the Southern Urals]. *Lithosphere (Russia)*, **20** (4), 542–556. (In Russian). <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2020-20-4-542-556>

Kosarev A. M. (2007) [Subalkaline volcanism of the Lower emsian of the southern urals: geochemical peculiarities and geodynamic reconstructions]. *Litosfera*. (2), 54–70. (In Russian).

Kosarev A. M. (2015). Geologiya i geokhimicheskie osobennosti rannepaleozoiskikh vulkanitov Sakmarskoi i Voznesensko-Prisakmarskoi zon na YUzhnom Urale [Geology and geochemical features of Early Paleozoic volcanites of the Sakmara and Voznesensko-Prisakmarian zones in Southern Urals]. *Litosfera*. (2), 40–64. (In Russian).

Kosarev A. M., Shafigullina G. T. (2024) Kolchedannaya metallogeniya YUzhnogo Urala, geodinamika i strukturnye osobennosti // *Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geologii Bashkortostana i sopedel'nykh territorij*. Materialy XV Mezhrregional'noj nauchno-prakticheskoy konferentsii. Moskva: Izdatel'stvo «Pero». P. 106–111. (In Russian).

Kosarev A. M., Puchkov V. N., Seravkin I. B., Shafigullina G. T. (2022) Massive Volcanic Sulfide Complexes of the Magnitogorsk Paleoisland Arc Megazone in the Southern Urals: Model of Ore-Magmatic System, Geodynamic

Reconstructions. *Petrology*, **30** (1), 82–106. DOI: 10.1134/S0869591122010052 (In Russian).

Kosarev A. M., Timofeeva E. A., Shafigullina G. T., Danilenko S. A. (2023) Geodinamicheskoe obstanovki silurijsko-rannedevonskogo vulkanizma na severe Sakmarskoi zony (YUzhnyi Ural) [Geodynamic setting of Silurian — Early Devonian volcanism in the of the Sakmara zone (the Southern Urals)]. *Geologicheskii vestnik*, **3**, 59–73. (In Russian) <https://doi.org/10.31084/2619-0087/2023-3-6>

Kosarev A. M., Shardakova G. Yu., Minibaeva K. R. (2024) Evolution of volcanism and geodynamic settings in the Sakmara zone of the Southern Urals in the Early Paleozoic. *Litosfera –Lithosphere*. (In Russian) (in the press).

Kropachev S. M., Borodaev YU.S., Goncharova T. YA. (1968) Blyavinskii rudnyi raion [Blyava ore district]. Paleozoiskii vulkanizm i kolchedannye mestorozhdeniya YUzhnogo Urala [Paleozoic vulcanism and bubble deposits of the Southern Urals]. Moscow, Moscow State University, 97–150. (In Russian).

Kuznetsov N. B., Degtyarev K. E., Romanyuk T. V., Ryazantsev A. V., Belousova E. A., Tret'yakov A. A. (2017) U/Pb-izotopnye vozrasty i Lu/Hf-izotopno-geokhimicheskih sistematika oblomochnykh tsirkonov iz ordovikskikh tolshch Kokchetavskogo massiva, YUzhnogo Urala i Prikaspiya [U/Pb isotope ages and Lu/Hf isotope-geochemical systematics of detrital zircons from the Ordovician strata of the Kokchetav massif, the Southern Urals and the Caspian region]. Tektonika sovremennykh i drevnih okeanov i ih okrain. Materialy XLIX Tektonicheskogo soveshchaniya, posvyashchennogo 100-letiyu akademika YU.M. Pushcharovskogo [Tectonics of modern and ancient oceans and their margins]. Materials of the XLIX Tectonic Meeting dedicated to the 100th anniversary of Academician Yu. M. Pushcharovsky. Moscow, GEOS. **1**, 208–212. (In Russian).

Leonenok N. I. (1955) Silurijskie otlozheniya Kos-Istekskogo raiona (Severnye Mugodzhar) [Silurian deposits of the Kos-Istek region (Northern Mugodzhar)]. *Trudy Labor. Geol. Uglya AN SSSR*, vyp. **3**. Moscow, Izd-vo Akademiya nauk, 116–225. (In Russian).

Maslennikov V. V. (1999) Sedimentogenez, gal'miroz i ekologiya kolchedanonosnykh paleogidrotermal'nykh polei [Sedimentogenesis, Halmyrolysis, and Ecology of Paleohydrothermal Massive Sulfide Ore Fields]. Miass, Geotur. **348** p. (In Russian).

Maslennikova S. P., Maslennikov V. V. (2007) Sul'fidnye trubyy paleozoiskikh chernykh kuril'shchikov (na primere Urala) [Sulfide Chimneys of the Paleozoic Black Smokers (by the Example of the Urals)]. Ekaterinburg-Miass, UrO RAN, **312** p. (In Russian).

Mizens G. A., Svyazhina I. A. (2007) O paleogeografii Urala v devone [On the paleogeography of the Urals in the Devonian]. *Litosfera — Lithosphere*, (2), 29–44. (In Russian).

Murdaa I. O. (1987) Fatsii okeanov [Facies of the oceans]. Moscow, Nauka, **303** p. (In Russian).

Peive A. V., Shtreis N. A., Perfil'ev A. S., Pospelov I. I. (1971) Strukturnoe polozhenie giperbazitov na zapadnom sklone YUzhnogo Urala [Structural position of hyperbasites on the western slope of the Southern Urals]. *Problemy teoreticheskoi i regional'noi tektoniki [Problems of theoretical and regional tectonics]*. Moscow, Nauka, 9–21. (In Russian).

- Perfil'ev A. S. (1979) Formirovanie zemnoi kory Ural'skoi evgeosinklinali [Formation of the earth's crust of the Ural eugeosyncline]. Moscow, Nauka, 188 p. (In Russian).
- Puchkov V.N. (2000). Paleogeodinamika YUzhnogo i Srednego Urala [Paleogeodynamics of the South and Middle Urals]. Ufa: Dauriya. 146 p. (In Russian).
- Puchkov V.N. (2010) Geologiya Urala i Priural'ya (aktual'nye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii) [Geology of Urals (topical questions of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)]. Ufa: DizainPoligrafServis. 280 p. (In Russian).
- Puchkov V.N. (2018) Plyumy — novoe slovo v geologii Urala [Plumes — a new word in the geology of the Urals]. *Litosfera — Lithosphere*, 18 (4), 483–499. (In Russian) DOI: 10.24930/1681-9004-2018-18-4-483-499
- Rodnikov A. G., Zabarinskaya L. P., Rashidov V. A., Sergeeva N. A. (2011) Subduktivnye protsessy i glubinnoe stroenie regiona YUzhno-Kitaiskogo morya [Subduction processes and deep structure of the South China Sea region]. *Geologicheskie protsessy v obstanovkah subduksii, kollizii i skol'zheniya litosfernykh plit. Materialy Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem [Geological processes in settings of subduction, collision and sliding of lithospheric plates]*. Materials of the All-Russian conference with international participation. Vladivostok, DVGI, 37–39. (In Russian).
- Ruzhentsev S. V. (1976) Kraevye ofiolitovye allokhthony [Marginal ophiolitic allochthons]. Moscow, Nauka. 176 p. (In Russian).
- Ryazantsev A. V. (2001) Mezozoiskie deformatsii paleozoid Uralo-Mongol'skogo poyasa [Mesozoic deformations of the paleozooids of the Ural-Mongolian belt]. *Postkollizionnaya evolyutsiya podvizhnykh poyasov [Post-collision evolution of mobile belts]*. Abstracts of reports of the international scientific conference (VII readings by A. N. Zavaritsky). Ekaterinburg, Institut geologii i geokhimii UrO RAN, 36 p. (In Russian).
- Ryazantsev A. V. (2012) Ordovikskie strukturno-veshchestvennye komplekсы zapadnoi chasti Magnitogorskoi megazony i kraevykh allohtonov YUzhnogo Urala: stroenie i obstanovki formirovaniya [Ordovician structural-material complexes of the western part of the Magnitogorsk megazone and marginal allochthons of the Southern Urals: structure and formation conditions]. Author's abstract. *dis. cand. geol. and min. sci.* Moscow, GIN RAN, 29 p. (In Russian).
- Ryazantsev A. V., Borisenok D. V., Dubinina S. V., Kalinina E. A., Kuznetsov N. B., Matveeva E. A., Aristov V. A. (2005) Obshchaya struktura Sakmarskoi zony YUzhnogo Urala v raione Mednogorskikh kolchedannykh mestorozhdenii [General structure of the South Uralian Sakmara zone in the Mednogorsk sulfide deposits area]. *Ocherki po regional'noi tektonike [Essays on Regional Tectonics]*. V. I: YUzhnyi Ural. Moscow, Nauka. 84–135. (In Russian).
- Ryazantsev A. V., Dubinina S. V., Kuznetsov N. B., Belova A. A. (2008) Ordovikskie strukturno-formatsionnye komplekсы v allohtonah YUzhnogo Urala [Ordovician lithotectonic complexes in allochthons of the southern Urals]. *Geotectonics*. (5), 49–78. DOI: 10.1134/S0016852108050038
- Ryazantsev A. V., Razumovskii A. A., Kuznetsov N. B., Kalinina E. A., Dubinina S. V., Aristov V. A. (2007) Geodinamicheskaya priroda serpentinitovykh melanzhei na Yuzhnom Urale [Geodynamics of serpentinite melanges in the Southern Urals]. *Bulletin of MOIP, Geological Department*. 82 (1), 32–47. (In Russian).
- Samygin S. G. (1980) Differentsirovannoe smeshchenie obolochek litosfery i evolyutsiya formatsionnykh kompleksov (Ural) [Differential Displacement of Lithospheric Shells and Evolution of Lithotectonic Associations in the Urals]. *Tektonicheskaya rassloennost' litosfery [Tektonicheskaya rassloennost' litosfery (Tectonic Delamination of the Lithosphere)]*. Moscow: Nauka. 25–63.
- Samygin S. G., Mileev V. S., Golionko B. G. (2005) Zona Uraltau: geodinamicheskaya priroda i strukturnaya evolyutsiya [Uraltau zone: Geodynamic nature and structural evolution]. *Ocherki po regional'noi tektonike [Essays on regional tectonics]*. Vol. 1. Southern Urals. Moscow: Nauka. 9–35. (In Russian).
- Senchenko G. S. (1976) Skladchatye struktury YUzhnogo Urala [Folded structures of the Southern Urals]. Moscow: Nauka, 172 p. (In Russian).
- Semenov I. V. (2000) Paleookeanicheskie spredingovyye vulkanizm Urala i rekonstruktsiya parametrov Ural'skogo paleozoiskogo okeana [The Urals paleocean spreading volcanism and reconstruction of the Urals paleozoic ocean parameters]. Ekaterinburg: UrO RAN, 362 p. (In Russian).
- Seravkin I. B., Znamenskii S. E., Kosarev A. M. (2001) Razryvnaya tektonika i rudonosnost' Bashkirskogo Zaural'ya [Fault tectonics and ore deposits of the Trans-Uralian Bashkiria]. Ufa: Poligrafkombinat, 318 p. (In Russian).
- Seravkin I. B., Znamenskii S. E., Kosarev A. M. (2003) Glavnyi Ural'skii razlom na YUzhnom Urale: struktura i osnovnye etapy formirovaniya [The main Ural fault in the South Urals: The structure and main evolution phases]. *Geotectonics*. 37 (3), 210–231. (In Russian).
- Seravkin I. B., Rodicheva Z. I. (1990) Krakinsko-Mednogorskii paleovulkanicheskii poyas [Krakino-Mednogorsk paleovolcanic belt]. Ufa: IG BSC Ural Branch of the USSR Academy of Sciences, 53 p. (In Russian).
- Sidorenko V. V., Baikova V. S., Stepanov I. V. (1964) Vulkanogenno-kremnistaya gruppa formatsii Sakmarskoi zony na zapadnom sklone Yuzhnogo Urala [Volcanogenic-siliceous group of formations of the Sakmara zone on the western slope of the Southern Urals]. Moscow: Nauka, 67 p. (In Russian).
- Stratigrafiya i korrelyatsiya srednepaleozoiskikh vulkanogennykh kompleksov osnovnykh mednokolchedannykh raionov YUzhnogo Urala [Stratigraphy and correlation of middle paleozoic volcanogenic complexes in major copper-pyrite regions of the South Urals]*. (1993) (V. A. Maslov, V. A. Cherkasov, V. T. Tishchenko, Smirnova I. A., Artyushkova O. V., Pavlov V. V.). Ufa: UNTS RAN, 217 p. (In Russian).
- Timonin N. I. (1975) Tektonika gryady Chernysheva [Tectonics of the Chernyshev Ridge]. L., Nauka, 130 p. (In Russian)
- Tishchenko V. T. (1971) Alkaline-basaltoid formation of the Lower Devonian in the southern part of the western wing of the Magnitogorsk trough. *I symposium on volcanism of the Southern Urals*: abstract of reports. Miass: UNTS RAN, 43–44. (In Russian).
- Tishchenko V. T., Cherkasov V. L. (1985) Novye dannye po stratigrafii silurijskikh i nizhnedevonskikh obyura-

zovaniy v yuzhnoj (Orenburgskoj) chasti zapadnogo kryla Magnitogorskogo progiba [New data on the stratigraphy of Silurian and Lower Devonian formations in the southern (Orenburg) part of the western flank of the Magnitogorsk trough]. *Biostratigrafiya i litologiya paleozoya YUzhnogo i Srednego Urala*. BFAN SSSR. Ufa. 3–8. (In Russian).

Tyurin A. M., Snachev A. V., Kolomoets A. V., Suyarkova A. A. (2022) Uglerodistyie slantsy silura v kontekste perspektiv neftegazonosnosti (YUzhnyi Ural, g. Kuvandyk) [Carbonated Silurian Shales in the Context of Prospects for Oil and Gas Potential (Southern Ural, Kuvandyk)]. *Neftegazovoe delo Petroleum Engineering*, **20** (6), 6–19. (In Russian). <https://doi.org/10.17122/ngdelo-2022-6-6-19>

Fedorov P. V., Korinevskii V. G., Zolotarev B. P. (2017) Geohimiya rannedevonskikh kalievyykh porod Sakmarskoi zony YUzhnogo Urala [Geochemistry of Early Devonian potassium rocks of the Sakmara zone of the Southern Urals]. *Geohimiya*, **4**, 314–328. DOI:10.7868/S0016752517020029 (In Russian).

Formirovaniye zemnoi kory Urala [Formation of the earth's crust of the Urals]. (1986) (Ivanov S. N., Puchkov V. N., Ivanov K. S., Samarkin G. I., Semenov I. V., Pumpyanskii A. I., Dymkin A. M., Poltavets YU. A., Rusin A. I., Krasnobaev A. A.). Moscow: Nauka, 248 p. (In Russian).

Khvorova I. V., Voznesenskaya T. A., Zolotarev B. P., I'inskaya M. N., Ruzhentsev S. V. (1978) Formatsii Sakmarskogo allohtona (YUzhnyi Ural). [Formations of the Sakmara allochthon (Southern Urals)]. Moscow: Nauka. 232 p. (In Russian).

Kholodnov V. V., SHardakova G. YU., Puchkov V. N., Petrov G. A., SHagalov E. S., Salikhov D. N., Korovko A. V., Pribavkin S. V., Rakhimov I. R., Borodina N. S. (2021) Paleozoiskii granitoidnyi magmatizm Urala kak otrazhenie etapov geodinamicheskoi i geohimicheskoi evolyutsii kollizionnogo orogena [Paleozoic granitoid magmatism of the Urals: the reflection of the stages of geodynamic and geochemical. evolution of a collisional orogen]. *Geodynamics and Tectonophysics*, **12** (2), 225–245. (In Russian). <https://doi.org/10.5800/GT-2021-12-2-0522>

Chibrikova E. V. (1977) *Stratigrafiya devonskikh i bolee drevnih paleozoiskikh otlozhenii YUzhnogo Urala i Priural'ya* [Stratigraphy of Devonian and older Paleozoic deposits of the Southern Urals and the Pre-Urals (According to plant Microfossils)]. Moscow: Nauka. 191 p. (In Russian).

Ez V. V., Gaft D. E., Kuznetsov B. I. (1965) *Morfologiya i usloviya obrazovaniya golomorfnoi skladchatosti na primere Zilairskogo sinklinoriya YUzhnogo Urala* [Morphology and conditions for the formation of holomorphic folding using the example of the Zilair synclinorium of the Southern Urals]. Moscow: Nauka, 102 p. (In Russian).

Brown D., Spadea P., Puchkov V., Alvarez-Marron J., Herrington R., A. Willner A., Hetzel R., Gorozhanina Y., Yuhlin C. (2006) Arc-continent collision in the Southern Urals. *Earth Science Reviews*, **79**, 261–287.

Chemenda A., Matte Ph., Sokolov V. (1997) A model of Paleozoic obduction and exhumation of high-pressure/low temperature rocks. *Tectonophysics*, **276** (1–4), 217–227.

Fitton J. G., Saunders A. D., Norry M. J., Hardarson B. S., and Taylor R. N. (1997) Thermal and chemical structure of the Iceland plume. *Earth and Planetary Science Letters*, **153** (3–4), 197–208. [https://doi.org/10.1016/s0012-821x\(97\)00170-2](https://doi.org/10.1016/s0012-821x(97)00170-2)

Fuh S.-C., Liu C.-S., Lundberg N., Reed D. L. (1997) Strike-slip faults offshore southern Taiwan: implications for the oblique arc-continent collision processes. *Tectonophysics*, **274**, 25–39.

Wakita K., Pubellier M., Windley B. F. (2013) Tectonic processes, from rifting to collision via subduction, in SE Asia and the western Pacific: A key to understanding the architecture of the Central Asian Orogenic Belt. *Lithosphere*, **5** (3), 265–276. <http://lithosphere.gsapubs.org>

Willner A. P., Ermolaeva T., Gorozhanina Y. N., Puchkov V. N., Arzhavitina M. Y., Pazukhin V. N., Kramm U., Walter R. (2002) Surface signals of arc-continent collision: the detritus of the upper Devonian Zilair Formation in the Southern Urals, Russia. *Mounting building in the Uralides: Pangea to the present*. Geophysical monograph. **132**, 183–209.

Сведения об авторах:

Косарев Александр Михайлович, кандидат геол.-минер. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. amkosarev@mail.ru

Горожанин Валерий Михайлович, кандидат геол.-минер. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН). gorozhanin@ufaras.ru

Горожанина Елена Николаевна, кандидат геол.-минер. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН). gorozhanin@ufaras.ru

Шафигуллина Гульнара Турдибаевна, кандидат геол.-минер. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. shafigullina_g@mail.ru

About the authors:

Kosarev Alexandr Michailovich, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. amkosarev@mail.ru

Gorozhanin Valerii Michailovich — candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. gorozhanin@ufaras.ru.

Gorozhanina Elena Nikolaevna — candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. Gorozhanin@ufaras.ru

Shafigullina Gulnara Turdibaevna, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. shafigullina_g@mail.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 03.06.2024; одобрена после рецензирования 03.06.2024; принята к публикации 22.07.2024

The article was submitted 03.06.2024; approved after reviewing 03.06.2024; accepted for publication 22.07.2024

Научная статья

УДК 549.01

DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-9

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ ПО ГИПЕРГЕННОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ЧЕРНЫХ СЛАНЦЕВ ЗИГАЗИНО-КОМАРОВСКОЙ СВИТЫ РАЗРЕЗА КАГАРМАНОВО (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

А. А. Самигуллин, С. В. Мичурин

Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450077, г. Уфа, ул. Карла Маркса, 16/2, samigullinaidar85@gmail.com

Впервые в обнажении зигазино-комаровской свиты среднего рифея Башкирского мегантиклинория около д. Кагарманово в Белорецком районе Республики Башкортостан описывается поздняя гипергенная минерализация. В разрезе вскрываются тектонизированные породы: песчаники, алевролиты, глинистые и низкоуглеродистые сланцы. Геологическими наблюдениями выявлено широкое развитие по черным сланцам гипергенных сульфатных минералов, которые образуют в них маломощные желто-коричневые прослои, светло-серые, белые и желтые наросты и натёки площадью несколько десятков дм². Данными растровой электронной микроскопии, рентгенофлуоресцентного анализа и рентгенофазовой порошковой дифрактометрии подтверждено присутствие минералов групп копиапита (копиапит, феррикопиапит) и галотрихита (пиккерингит). Наиболее интенсивно образование гипергенной минерализации происходило в современных условиях в течение последних 15 лет после вскрытия пород при строительстве автодороги Белорецк — Старосубхангулово. На формирование сульфатных минералов наибольшее влияние оказали дислоцированность пород, присутствие черных сланцев, содержащих обильную сульфидную минерализацию и S_{org} , воздействие инфильтрационных и, возможно, метеорных вод. Образование минералов происходило на геохимическом барьере, и является промежуточным этапом в процессе миграции и распределения элементов в условиях зоны гипергенеза. Результаты проведенного изучения необходимо учитывать при проведении геоэкологического мониторинга процессов загрязнения окружающей среды и представляют интерес для будущих детальных минералогических исследований.

Ключевые слова: черные сланцы, гипергенез, копиапит, пиккерингит, алуноген, Кагармановский разрез, Южный Урал

Благодарности: Исследование выполнено в рамках госзаданий ИГ УФИЦ РАН № FMRS-2022–0012 и № FMRS-2022–0015.

Original article

FIRST DATES ABOUT HYPERGENE MINERALIZATION OF BLACK SHALES OF ZIGAZA-KOMAROVO FORMATION OF KAGARMANOVO SECTION (SOUTHERN URALS)

A. A. Samigullin, S. V. Michurin

Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Karl Marx str. 16/2, Ufa, 450077, Russia; samigullinaidar85@gmail.com

Для цитирования: Самигуллин А. А., Мичурин С. В. Первые данные по гипергенной минерализации черных сланцев зигазино-комаровской свиты разреза Кагарманово (Южный Урал) // Геологический вестник. 2024. №2. С. 117–129. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-9

For citation: Samigullin A. A., Michurin S. V. (2024) First dates about hypergene mineralization of black shales of Zigaza-Komarovo Formation of Kagarmanovo section (Southern Urals). *Geologicheskii vestnik*. 2024. No. 2. P. 117–129. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-9

© А. А. Самигуллин, С. В. Мичурин, 2024

For the first time, late hypogene mineralization is described in the outcrop of the Zigaza-Komarovo Formation of the Middle Riphean of the Bashkir meganticlinorium near the Kagarmanovo village in the Beloretsk region of the Republic of Bashkortostan. The section reveals tectonized rocks: sandstones, siltstones, clayey and low-carbon shales. Geological observations have revealed the widespread development of supergene sulfate minerals in black shales, which form thin yellow-brown layers, light gray, white and yellow growths and deposits with a square of several tens of dm². Data from scanning electron microscopy, X-ray fluorescence analysis and X-ray powder diffractometry confirmed the presence of minerals of the copiapite (copiapite, ferricopiapite) and halotrichite (pickeringite) groups. The most intensive formation of hypogene mineralization has occurred under modern conditions over the past 15 years after the opening of rocks during the construction of the Beloretsk — Starosubkhangulovo highway. The formation of sulfate minerals was most influenced by the dislocation of rocks, the presence of black shales containing abundant sulfide mineralization and C_{org}, and the influence of infiltration and, possibly, meteoric waters. The formation of minerals occurred at a geochemical barrier, and is an intermediate stage in the process of migration and distribution of elements under the conditions of the hypergenesis zone. The results of the study must be taken into account when conducting geoecological monitoring of environmental pollution processes and are of interest for future detailed mineralogical studies.

Keywords: black shales, hypergenesis, copiapite, pickeringite, alunite, Kagarmanovo section, Southern Urals

Acknowledgements: The research was carried out on the subject № FMRS-2022–0012 and № FMRS-2022–0015 of the state tasks to the Institute of Geology UFRC RAS.

Введение

Геологические, минералогические, изотопные и геохимические особенности пород кагармановского разреза подробно рассматриваются в публикациях многих авторов [Ковалев и др., 1999; Ковалев, Мичурин, 2005; Сначёв и др., 2012]. В. Н. Пучков ранее в связи с проложением новой асфальтовой автодороги Белорецк — Старосубхангулово рекомендовал обратить внимание на это обнажение из-за вскрытия в нем мощных «свежих» выходов черных сланцев (до ~25 м), которые могли быть концентраторами золота и элементов платиновой группы [Сначёв и др., 2015; Сначёв, Пучков, 2010]. Позднее, в 2022 г., одним из авторов настоящего сообщения, А. А. Самигуллиным, при геологическом изучении описываемого разреза обнаружены тонкие светло-серые и желто-коричневые прослои, а также многочисленные белые и желтые наросты и натёки гипергенных образований площадью несколько десятков дм², которые издавали сильный запах сероводорода и были приурочены к уже полуоплывшим выходам черных углеродсодержащих сланцев.

Поведение сульфатных минералов в зоне окисления сульфидных и колчеданных месторождений привлекает значительное внимание исследователей [Jamieson et al., 2005; Белогуб, 2009; Блинов и др., 2013; Русаль, 2015, 2018; Блинов, 2016; Paramanick et al., 2021]. Минералогические разновидности гипергенных сульфатов также уже давно вызывают пристальный интерес специалистов-минералогов

[Lausen, 1928; Кашкай, Алиев, 1960; Christidis, Rentzeperis, 1976; Parafiniuk, 1991; Majzlan, Kiefer, 2006; Огородова и др., 2021]. Кроме того, с точки зрения геоэкологии, гипергенные сульфаты выступают в роли концентраторов и минералов-носителей большого количества химических элементов, многие из которых являются токсичными и при этом мигрируют как в кислых, так и щелочных средах, распространяясь на большие расстояния от места загрязнения [Русаль, 2015]. К тому же уникальность этого разреза заключается в том, что обнаруженных обильных гипергенных образований не было 10–15 лет назад. Они формируются прямо сейчас, образно говоря, на наших глазах, и, как установлено нами, являются водорастворимыми и легко выщелачиваются.

Все это побудило авторов к написанию данной статьи, которая не претендует на получение полных результатов минералогического изучения. Наша цель — дать краткую минералогическую и геохимическую характеристику установленных водных сульфатов и попытаться понять природу гипергенной минерализации, а также обратить внимание исследователей на современный уникальный геологический феномен.

Геологическое описание разреза

Кагармановский разрез обнажается в придорожной выемке автотрассы Белорецк — Старосубхангулово в 300–500 м южнее д. Кагарманово. В тектоническом плане описываемый разрез

располагается в зоне сочленения регионального Узяно-Серменевского надвига северо-восточного простирания и субмеридионального взброса меньшего порядка (рис. 1).

Геологическое описание разреза основывается в целом на исследовании [Ковалев, Мичурин, 2005]. В указанной работе говорится о том, что кагармановский разрез приурочен к терригенным отложениям зильмердакской свиты верхнего рифея. Однако согласно геологической карте (1:200 000, [Ларионов, Цветкова, 2003]), названные отложения залегают в 2–3 км северо-восточнее разреза, а в нем обнажаются породы амбарской подсвиты зигазино-комаровской свиты (см. рис. 1). В данной статье мы опирались на государственную геологическую карту. В описываемом обнажении с юга-юго-запада на север-северо-восток в крест простирания (стратиграфически снизу вверх) вскрываются семь интервалов (рис. 2, а):

1. Светлые зеленовато-серые глинистые сланцы, тектонизированные, образующие микроскладки. Контакт со следующим слоем представляет собой тектоническую зону мощностью 30–40 см, выполненную глинистым материалом светло-желтого цвета. Мощность ~25 м.

2. Светло-серые мелко-, среднезернистые кварцевые песчаники и кварцито-песчаники, толстоплитчатые, грубо рассланцеванные. Мощность ~12 м.

3. Темные до черного цвета, тонкополосчатые, низкоуглеродисто-глинистые, пиритизированные сланцы, в которых слойки черного углеродсодержащего материала переслаиваются со светлыми кварцсодержащими алевритовыми слойками. Тонкозернистые сегрегации пирита линзообразной формы, изредка по удлинению достигающих 10 см при мощности до 3 см, приурочены к светлым кварц-серицитовым слойкам и согласны со слоистостью вмещающих пород. В начале интервала присутствуют зоны дробления, а сланцы тонко рассланцованы и гофрированы. Мощность ~20 м.

4. Тонкое переслаивание светло-серых алевритов и зеленых сланцев. Породы сильно дислоцированы. В них отмечаются кварцевые жилы, количество которых увеличивается в начале интервала, где они имеют сложную ветвящуюся форму и часто будинированы. Мощность ~30 м.

5. Светло-серые, средне-, мелкозернистые кварцито-песчаники, сильно тектонизированные с зонами до 30–40 см, выполненных апосланцевым материалом желтовато-бурого и белого цветов, иногда «кварцевой сыпучкой». Мощность ~10 м.

6. Тонко- и среднеполосчатые зеленые сланцы алевро-пелитовой структуры и слоистой, сланцеватой и микроплойчатой текстуры. Присутствуют обособления неправильной формы, представленными смятыми микрослойками кварц-серицитового состава с нитевидными черными субпараллельными слойками углерод (?) -содержащего материала.

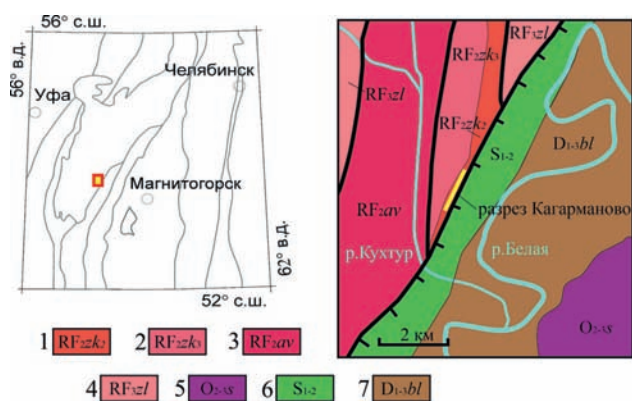


Рис. 1. Фрагмент геологической карты юго-восточной части Башкирского мегантиклинория в районе д. Кагарманово, по [Ларионов, Цветкова, 2003] с некоторыми изменениями

Fig. 1. Fragment of a geological map of the southeastern part of the Bashkir meganticlinorium in the area of the village of Kagarmanovo, after [Larionov, Tsvetkova, 2003] with some changes

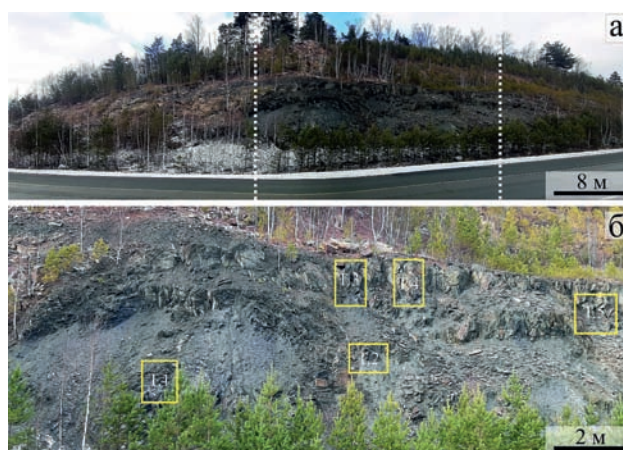


Рис. 2. Фото разреза Кагарманово

Условные обозначения: а – общий вид, белые пунктирные линии маркируют черносланцевую толщу; б – черносланцевая толща с точками гипергенной минерализации.

Fig. 2. Photo of the Kagarmanovo section

Legend: a – general view, white dotted lines mark the black shale formation; б – black shale strata with points of hypergene mineralization.

Рудный минерал основной массы представлен кубическим субидиоморфным окисленным пиритом. Мощность ~9 м.

7. Переслаивание зеленовато-серых, тонкослоистых и рассланцеванных глинистых сланцев и светло-серых тонко- и среднеплитчатых песчаников, субсогласно смятых со сланцами. Мощность ~30 м.

Обнаруженная обильная гипергенная минерализация приурочена к слою 3 черных тонкопосчатых низкоуглеродисто-глинистых пиритизированных сланцев (рис. 2 б) и в других слоях явно не видна. Слои 1–5 преимущественно хорошо обнажаются в западной выемке вдоль автотрассы, 5–7 — в восточной. Песчаники слоя 2, вероятно, надвинуты на черные сланцы слоя 3.

Методы исследований

Настоящее изучение проведено по образцам, отобраным А. А. Самигуллиным из зоны гипергенеза кагармановского разреза с 2022 по 2023 гг. Были отобраны штучные пробы чёрных сланцев и гипергенных образований весом 200–500 грамм вкрест простирания разреза. При выполнении работы использованы методы: рентгенофлюорисцентный анализ, рентгенофазовый анализ (порошковая дифрактометрия), растровая электронная микроскопия. Из образцов было изготовлено 8 аншлифов.

Электронно-микроскопические исследования и изучение состава минералов проводились на сканирующем электронном микроскопе TescanVega 4 Compact с энерго-дисперсионным анализатором Xplorer 15 Oxford Instruments. Обработка спектров производилась автоматически при помощи программного пакета AzTec One с использованием методики TrueQ. Параметры съемки: ускоряющее напряжение 20 кВ, ток зонда в диапазоне 3–4 нА, время накопления спектра в точке 20 секунд в режиме «Point&ID».

Методом рентгенофлуоресцентного анализа в порошковых пробах определялся химический состав пород и их микроэлементный состав (Zr, Y, Sr, Rb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, V, Nb, Ga) (спектрометр VRA-30, Carl Zeiss с рентгеновской трубкой с W-анодом (30–40 кВ, 40 мА). Предел обнаружения для петрогенных оксидов составлял 0.01–0.1 мас. %, для микроэлементов — около 0.001 мас. %.

Для установления минералов использован рентгеновский дифрактометр ДРОН-4 (аналитик Г. С. Ситдикова) в порошковых пробах навеской

0.5–1 г. Съемка выполнялась в $Cu\ K\alpha$ излучении с шагом 0.02° в области Брэгговских углов $4\text{--}60^\circ$ и временем счета, равным 10 с. Для расчетов использовалась длина волны $K\alpha_1=1.54060\text{ \AA}$, полученная при напряжении и токе на рентгеновской трубке 40 кВ и 40 мА. Определение минералов проводилось по набору их межплоскостных расстояний и относительным интенсивностям соответствующих линий на дифрактограмме, ориентируясь на отражения минералов из открытой базы данных МИНКРИСТ Института экспериментальной минералогии РАН (Черноголовка). Кроме того, по результатам рентгенофазового анализа минералогический состав проб диагностировали с помощью программного обеспечения Jade 9 (Materials Data, Калифорния). Количественный анализ фаз проводили с помощью программного обеспечения SiroQuant 4 (Sietronics Pty Ltd, Австралия). Все аналитические исследования проведены в ИГ УФИЦ РАН, Уфа.

Результаты исследования

Химический состав сланцев и гипергенных образований

В химическом составе сланцев (табл. 1, обр. kaгарman1) отмечаются несколько пониженные содержания петрогенных оксидов SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , K_2O по сравнению с кларковыми содержаниями в глинах по К. Таркьяну и К. Ведеполу [Войткевич и др., 1990] и высокие (7.48 мас. %) концентрации ППП (потери после прокаливания). Последние, вероятно, в большей степени связаны с термическим разложением примесных гипергенных водных сульфатных минералов, чем с выделением гидроксильной группы из слюд. На это указывает высокое содержание SO_3 в рассматриваемом образце (8.48 мас. %). Следует отметить, что в нем концентрации Ni, Cu, Y, Zr примерно в полтора раза выше, чем кларк в глинах для этих элементов по К. Таркьяну и К. Ведеполу [Войткевич и др., 1990], а V, Zn, Sr — ниже, Cr, Co, Rb — равны их кларковым содержаниям. Повышение доли сульфатных минералов во всех других образцах, представленных в табл. 1, которое выражено в росте количества в них SO_3 , сопровождается дальнейшим уменьшением концентрации петрогенных оксидов SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , K_2O и сравнительно резким ростом Fe_2O_3 (кроме обр. Sulfat bel). В них в несколько раз увеличиваются содержания Co,

а Ni, Cu, изредка и в меньшей степени Zn, имеют явную тенденцию к повышению их содержаний до 227, 157, 82 г/т соответственно. В образце гипергенного образования белого цвета (Sulfat bel, см. табл. 1) концентрации SO₃ и Al₂O₃ резко преобладают среди других оксидов при их низких содержаниях за исключением MgO. В этом образце значительно увеличиваются концентрации Ni до 1013 г/т, что почти в 15 раз выше его кларка в глинах, а Cu и в меньшей степени Zn имеют превышение в 2.3–5.8 раз.

По результатам рентгенофазового анализа обнаруженные светлые и желтые наросты в разрезе Кагарманово представлены в основном смесью сульфатов Fe, Al, Mg, из которых в пробах желтого цвета преимущественное развитие имеет копиапит

и феррикопиапит с общей кристаллохимической формулой Fe²⁺Fe³⁺₄(SO₄)₆(OH)₂·20(H₂O), в пробах белого цвета — пиккерингит, MgAl₂(SO₄)₄·22(H₂O) (табл. 2). Феррикопиапит отличается от копиапита значительным преобладанием трехвалентного Fe по сравнению с двухвалентным [Кашкай, Алиев, 1960].

Копиапит установлен по отражениям 18.41, 9.25, 5.59, 3.59 Å [Bayliss, Atencio, 1985] или 17.59, 8.96, 5.57, 3.54 Å [Fanfani et al., 1973]. Пиккерингит довольно определенно выявлен по отражениям 4.79, 4.11, 4.16, 2.68 (31) Å [Parafiniuk, 1991], алуноген — по 4.48, 13.34, 3.88, 3.70 Å [Fang, Robinson, 1976] (см. табл. 2).

Образцы T3, T4, Sulfat bel истерты и измерены дважды. В них количество минералов рассчитано с помощью программного обеспечения SiroQuant

Таблица 1 Химический состав углеродсодержащих сланцев и гипергенных сульфатных образований разреза Кагарманово
Table 1 Chemical composition of carbon-containing shales and supergene sulfate formations of the Kagarmanovo section

Компоненты	Образцы						
	kagarman1	kagarman2	T1	T2	T3	T4	Sulfat bel
SiO ₂ , мас.%	52.59	30.27	2.94	3.73	1.05	1.86	2.42
TiO ₂	0.74	0.52	0.10	0.11	0.07	0.07	0.04
Al ₂ O ₃	16.24	12.38	5.94	7.46	4.29	3.98	12.89
Fe ₂ O ₃	6.38	8.55	16.21	14.07	20.57	22.29	1.95
MnO	0.03	0.05	0.07	0.05	0.02	0.02	0.08
CaO	<0.20	0.48	0.47	0.29	0.33	0.26	0.34
MgO	1.72	1.92	2.22	1.90	1.06	0.50	3.89
Na ₂ O	0.22	0.06	0.05	0.09	0.05	0.05	0.05
K ₂ O	5.09	3.06	0.66	0.69	0.48	0.49	0.40
P ₂ O ₅	0.09	0.08	0.09	0.06	0.06	0.06	0.06
SO ₃	8.48	20.72	37.74	39.01	39.72	38.04	46.71
ППП	7.48	21.24	34.13	33.15	31.63	31.92	31.96
Сумма	99.06	99.33	100.63	100.62	99.33	99.55	100.80
V, г/т	111	71	18	22	22	33	<10
Cr	95	66	49	57	51	42	34
Co	18	41	97	73	131	173	<5
Ni	98	131	227	99	108	74	1013
Cu	62	80	157	57	41	28	262
Zn	58	61	82	80	47	34	217
Rb	142	87	22	19	23	30	6
Sr	38	28	9	6	6	10	7
Y	37	24	15	12	8	6	11
Zr	189	116	30	47	25	30	29

4 и «вручную», ориентируясь на интенсивность отражений и открытую базу данных МИНКРИСТ (табл. 3). В целом проведенный анализ показал низкие вариации в содержаниях сульфатных минералов в гипергенных образованиях кагармановского разреза. Содержания минералов группы копиапита в пробах, обчисленных «вручную», варьируют от ~35 до ~55%, пиккерингита — до ~75% и имеют между собой обратную корреляцию. В случае, когда в образцах преобладают копиапиты, пиккерингит отмечается в количестве нескольких процентов и, наоборот, при преобладании пиккерингита минералы группы копиапита имеют наименьшее развитие (<5%). Во всех пробах фиксируется присутствие алуногена ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 17H_2O$) на уровне 8–15% и, возможно, микасаита ($Fe_2(SO_4)_3$) и алунита ($KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$), которые пока не подтвердились данными электронной микроскопии. При незначительных концентрациях, их линии часто перекрываются другими минералами. Так, например, основные отражения микасаита 6.00 и 4.38 Å [Christidis, Rentzeperis, 1976] не видны из-за одних из главных рефлексов копиапита и алуногена (см. табл. 2).

Минералогические особенности гипергенных образований

Макроскопически вид гипергенной сульфатной минерализации разреза Кагарманово представлен на рис. 3 и 4. Химический состав сульфатных

минералов, определенный на электронном микроскопе (табл. 4), хорошо соответствует копиапиту, пиккерингиту и алуногену. BSE-изображения гипергенных сульфатных минералов разреза Кагарманово приведены на рис. 5.

Обсуждение результатов

Полученные данные показывают, что в Кагармановском разрезе гипергенные сульфаты приурочены только к выходу черных сланцев. Ранее отмечено [Ковалев, Мичурин, 2005], что породы разреза тектонизированы, образуют микроскладки, часто будинированы, сланцы тонко рассланцованы, сильно дислоцированы и гофрированы, иногда контакты между слоями в силу разных реологических характеристик пород представляют собой тектонические зоны, выполненные глинистым материалом светло-желтого цвета. Кроме того, черные сланцы в рассматриваемом разрезе имеют наибольшие содержания сульфидов и $C_{орп}$, равных соответственно >1 и 2.6 мас. % [Мичурин и др., 2004]. Изотопный состав серы сульфидов, представленных преимущественно пиритом, характеризуется постепенным снижением значений $\delta^{34}S$ с 16.4 до 8.9‰ и резко отличается от такового в сульфидах из зеленовато-серых сланцев ($\delta^{34}S$ от –11.1 до –1.4‰). Фиксируется четкое увеличение положительных значений $\delta^{34}S$ в зависимости от роста в черных сланцах количества сульфи-

Таблица 2 Межплоскостные отражения (d , Å) и их относительная интенсивность (%) в основных сульфатных минералах из гипергенных образований кагармановского разреза
Table 2 Interplanar reflections (d , Å) and their relative intensity (%) in basic sulfate minerals from supergene formations of the Kagarman section

Копиапит (феррикопиаптит)				Пиккерингит		Алуноген	
d ($I_{отн}$) эталон	d ($I_{отн}$) обр. Т1	d ($I_{отн}$) эталон	d ($I_{отн}$) обр. Т4	d ($I_{отн}$) эталон	d ($I_{отн}$) обр. Sulfat bel	d ($I_{отн}$) эталон	d ($I_{отн}$) обр. Sulfat bel
18.40 (100)	18.41 (82.1)	17.88 (100)	17.59 (100)	3.50 (100)	3.50 (100)	4.49 (100)	4.48 (100)
9.23 (100)	9.25 (100)	8.94 (64.4)	8.96 (98.2)	4.80 (100)	4.79 (88.4)	4.39 (97.4)	4.38 (<i>nep</i>)
5.57 (70)	5.59 (80.3)	5.53 (45.3)	5.57 (52.5)	4.30 (58)	4.30 (64.9)	4.32 (77.8)	4.30 (<i>nep</i>)
3.58 (60)	3.59 (59.8)	3.55 (23.9)	3.54 (54.5)	4.11 (47)	4.11 (53.2)	13.48 (75.9)	13.34 (46.9)
6.15 (60)	6.15 (53.6)	3.53 (23.9)	3.54 (54.5)	4.16 (35)	4.16 (39)	3.97 (62.6)	3.98 (88.4)
3.49 (60)	3.50 (99.5)	5.96 (23.9)	6.00 (52.5)	2.67 (28)	2.68 (31)	3.92 (47.3)	3.88 (47.7)
4.20 (40)	4.20 (44)	6.83 (17.8)	6.88 (12.6)	4.36 (22)	4.38 (38.2)	3.68 (39.7)	3.70 (32.8)

Примечание. Курсивом выделены перекрывающиеся отражения (*nep* – отмечено курсивом). Использованы эталоны для копиапита из [Bayliss, Atencio, 1985] и [Fanfani et al., 1973], пиккерингита – [Parafiniuk, 1991], алуногена – [Fang, Robinson, 1976].
 Note. Overlapping reflections are in italics (translated – marked in italics). We used standards for copiapite from [Bayliss, Atencio, 1985] and [Fanfani et al., 1973], pickeringite – [Parafiniuk, 1991], and alunogen – [Fang, Robinson, 1976].

Таблица 3 Минеральный состав сульфатов разреза Кагарманово по данным дифрактометрического анализа (%)
Table 3 Mineral composition of sulfates from the Kagarmanovo section according to diffractometric analysis (%)

Минерал	T1	T2	T3		T4		Sulfat bel	
Копиапит	43	43	43	50	—	33	—	5
Феррикопиапит	—	—	36	35	82.37	55	—	5
Пиккерингит	39	31	—	<5?	—	<5?	82	75
Алуноген	13	23	21	10	—	8	12	15
Алунит?	—	—	—	5	—	5	—	5

Примечание. Образцы T3, T4, Sulfat bel истерты и измерены дважды. В них количество минералов рассчитано с помощью программного обеспечения SiroQuant 4 (первый столбец в каждом образце) и «вручную», ориентируясь на интенсивность отражений и открытую базу данных МИНКРИСТ (второй столбец). Прочерк – минерал не установлен.

Note. Samples T3, T4, Sulfat bel were ground and measured twice. In them, the amount of minerals is calculated using the SiroQuant 4 software (first column in each sample) and «manually», focusing on the intensity of reflections and the open MINCRYST database (second column). A dash means the mineral has not been identified.

Таблица 4 Химический состав сульфатных минералов по данным электронной микроскопии
Table 4 Chemical composition of sulfate minerals according to electron microscopy

№ п/п	MgO	Al ₂ O ₃	SO ₃	FeO	Всего
1	3.65	10.38	36.49	0	50.52
2	4.43	11.54	43.31	0	59.28
3	4.58	12.6	39.74	0	56.92
4	4.7	13.25	39.6	0	57.55
5	4.46	12.55	39.48	0	56.49
6	3.09	10.72	39.12	0	52.93
7	4.86	13.4	41.29	0	59.55
8	4.84	13.08	40.02	0	57.94
9	4.48	11.57	43.97	0	60.02
10	4.42	12.32	39.05	0	55.79
11	5.23	12.49	46.33	0	64.05
12	0	17.66	43.99	3.87	65.52
13	0	17.19	43.54	3.94	64.67
14	0	17.12	43.99	4.51	65.62
15	0	2.83	44.99	26.53	74.35
16	0	4.1	43.85	25.64	73.59
17	0	2	44.32	26.82	73.14
18	0	13.6	42.15	23.66	79.41
19	0	3.78	43.96	24.75	72.49

Примечание: номера анализов 1–11 — отвечают составу пиккерингита, 12–14 — составу алуногена, 15–19 — копиапиту
 Note: Analysis numbers 1–11 correspond to the composition of pickeringite, 12–14 — alunogen, 15–19 — alunogen.

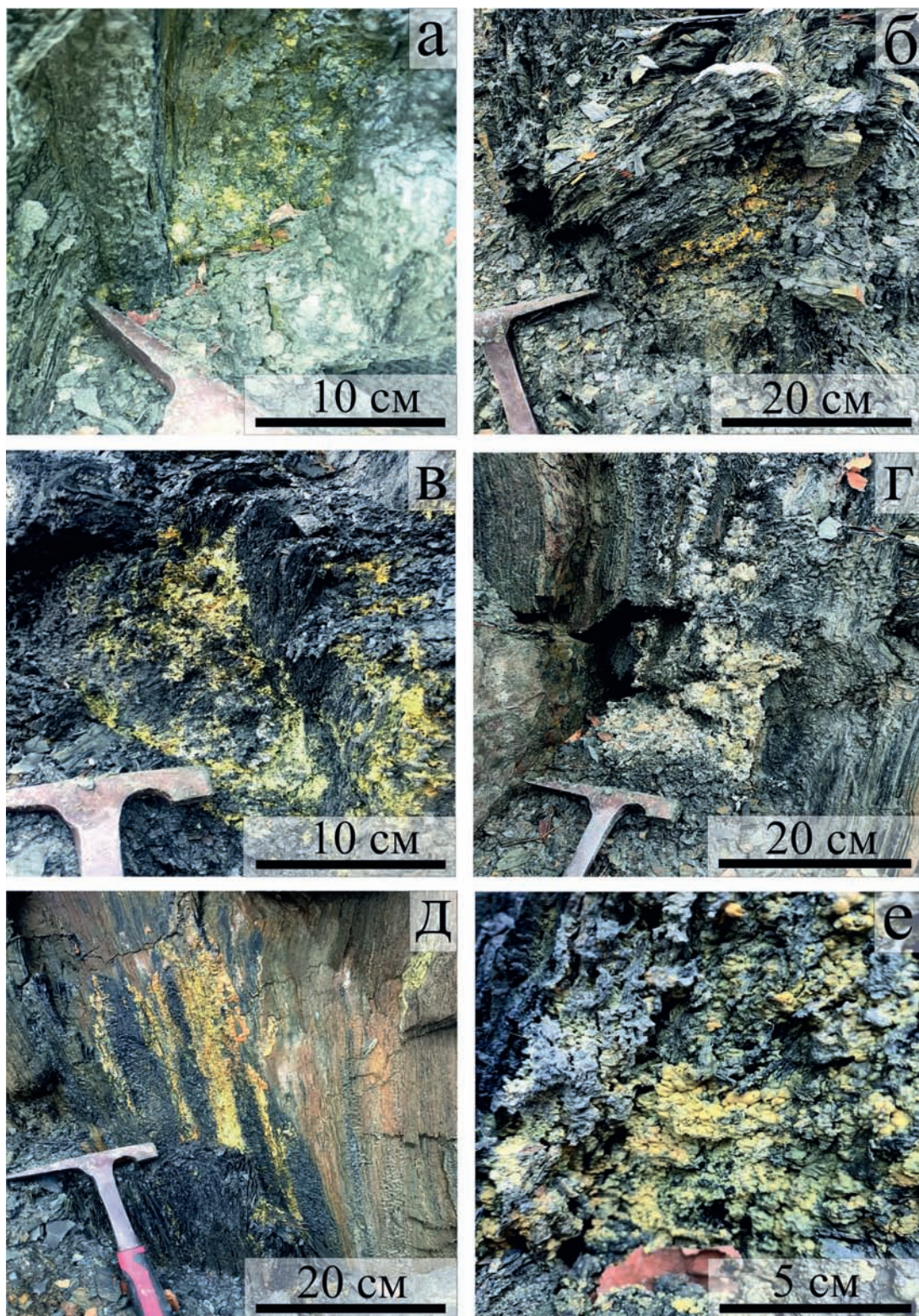


Рис. 3. Внешний вид точек гипергенной сульфатной минерализации разреза Кагарманово

Условные обозначения: а – точка гипергенной минерализации №1, б – точка №2, в – точка №3, г – точка №3, д – точка №4, е – точка №5. Расположение точек указаны на рисунке 26.

Fig. 3. Appearance of points of hypergene sulfate mineralization of the Kagarmanovo section

Legend: а – point of hypergene mineralization №1, б – point №2, в – point №3, г – point №3, д – point №4, е – point №5. Points location see fig. 26.

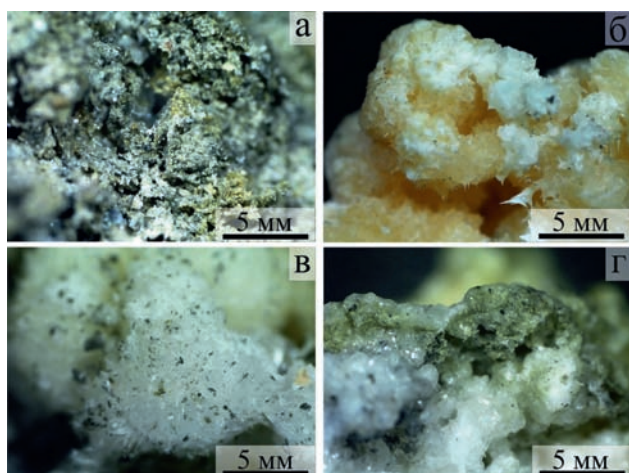


Рис. 4. Внешний вид сульфатных минералов разреза Кагарманово под бинокулярным микроскопом

Условные обозначения: а – копиапит с чёрным сланцем, б – жёлтый копиапит с белым пиккерингитом, в – пиккерингит, г – пиккерингит.

Fig. 4. Appearance of sulfate minerals of the Kagarmanovo section under a binocular microscope

Legend: a – copyapite with black shale, б – yellow copyapite with white pickeringite, в – pickeringite, г – pickeringite.

дов, что указывает сульфатный источник серы при их образовании и процессов сульфат-редукции, протекающих, наиболее вероятно, с участием органического вещества [Мичурин и др., 2004].

Все это создает определенные предпосылки для образования вторичных сульфатных минералов в зоне гипернеза. Рассланцеванность и дислоцированность предполагает большое количество трещин, которые могли быть путями движения водных или газовых растворов. Наличие больших количеств сульфидов железа и органического вещества также являются благоприятными факторами для образования гипергенных сульфатов по сульфидам.

Хорошо известно [Lausen, 1928; Кашкай, Алиев, 1960], что изменение сульфидных месторождений в зоне гипернеза происходят за счет реакций окисления сульфидных минералов и их перехода в сульфаты. Минералы группы копиапита образуются в гипергенных условиях в районах современной вулканической деятельности [Rodríguez, van Bergen, 2017], и очень часто при химическом выветривании железосодержащих минералов, особенно сульфидов, окисление которых обычно и приводит к образованию безводных и водных сульфатов, гидроксисульфатов и других соединений [Филиппова, 2004; Jamieson et al., 2005; Белогуб, 2009; Блинов и др., 2013; Блинов, 2016;

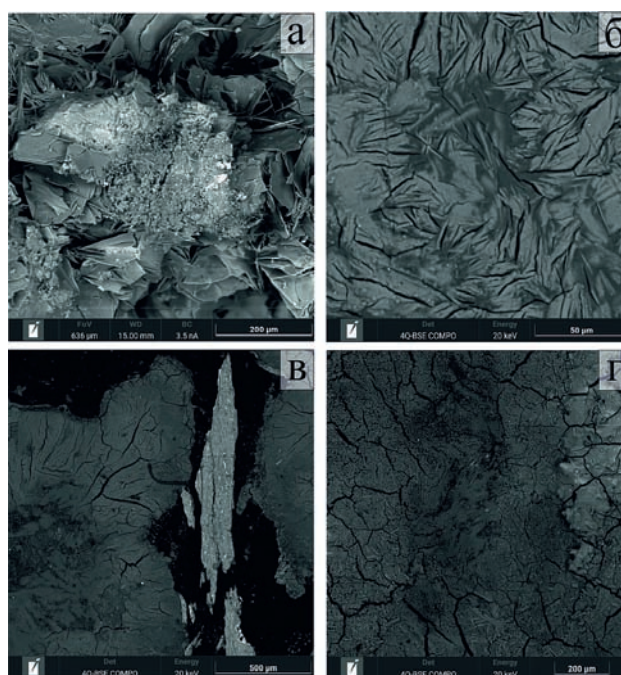


Рис 5. BSE-изображения гипергенных сульфатных минералов разреза Кагарманово

Условные обозначения: а – копиапит, б – пиккерингит, в – алуноген, г – алуноген и эпсомит.

Fig. 5. BSE images of supergene sulfate minerals from the Kagarmanovo section

Legend: a – copyapite, б – pickeringite, в – alunogen, г – alunogen and epsomite.

Огородова и др., 2021 и мн. др.]. Наиболее распространенный в сульфидных месторождениях сульфид – пирит – сначала переходит в сульфат закиси железа $2FeS_2 + 7O_2 + 2H_2O = 2FeSO_4 + 2H_2SO_4$. Сульфат закиси железа подвергается дальнейшему окислению и переходит в сульфат окиси железа $6FeSO_4 + 3H_2O + 1.5O_2 = 2Fe_2(SO_4)_3 + 2Fe(OH)_3$. Так образуется микасайт. Сульфат окиси железа гидролизует, давая гидрат окиси и серную кислоту $Fe_2(SO_4)_3 + 6H_2O = 2Fe(OH)_3 + 3H_2SO_4$. Гидраты окиси железа трудно растворимы и не выносятся из зоны окисления. Серная кислота способствует дальнейшему переходу сульфидов в сульфаты металлов с выделением сероводорода $MeS + H_2SO_4 = H_2S + MeSO_4$. Все эти явления, наиболее вероятно, присутствовали и происходят в настоящее время в сульфидизированных черных сланцах кагармановского разреза, обогащенных органическим веществом.

Строение зон окисления и характер протекающих в них процессов зависят от некоторых региональных (климатический, морфолого-тектонический и другие) и различных локальных

(минеральный состав, структурные и текстурные особенности пород, их условия залегания) факторов [Белогуб, 2009; Блинов и др., 2013; Блинов, 2016]. Важно подчеркнуть, что реакции окисления сульфидов являются экзотермическими и сопровождаются выделением значительного количества теплоты. Когда сульфидные руды вступают в непосредственное соприкосновение с большим количеством кислорода, процессы окисления сульфидов могут протекать очень интенсивно с повышением температуры до 300 °С и выше с выделением обильного количества удушливых газов. Ранее фиксировалось, что интервал развития черных сланцев в разрезе Кагарманово испытал воздействие наиболее высоких температур вплоть до 320–390 °С [Мичурин и др., 2004]. Может быть, это явилось отражением протекавших здесь экзотермических процессов окисления сульфидов, происходивших ранее.

Возможно, не случайно, что гипергенные сульфаты кагармановского разреза образовались именно по пиритам из сланцев зигазино-комаровской свиты среднего рифея. По данным [Маслов и др., 2001], в черных сланцах названной свиты из всех аналогичных пород в рифейских подразделениях отмечается самое большое содержание органического вещества, достигающее около 4%. К тому же в отвалах крупнейшего Бакальского месторождения железа, перекрытого отложениями среднего рифея, ранее обнаружены копиапит и пиккерингит [Филиппова, 2004]. По данным указанного автора, сульфаты формируются на испарительном барьере, т. е. являются сезонными образованиями, появляющимися при определенных климатических условиях. Кристаллизуются они в виде выцветов, корочек, почковидных агрегатов. Помимо копиапита и пиккерингита здесь диагностированы ярозит ($KFe_3(SO_4)_2(OH)_6$), гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), эпсомит ($Mg(SO_4) \cdot 7H_2O$), гексагидрит ($Mg(SO_4) \cdot 6H_2O$). Считается, что вовлечение литофильных элементов в фазы гидрохимической миграции говорит об интенсивном химическом выветривании породообразующих силикатов. Исследование микроэлементного состава показало, что основной примесью в копиапите и эпсомите является Mn (до 1.8%). На остальные микроэлементы приходится сотые доли процента. В копиапитах они образуют следующий ряд убывания: $Ni > Co > Zn > Si > Pb > Cd$.

Кроме того, необходимо отметить, что в условиях зоны гипергенеза формирование вторичных минералов на различных типах геохимических

барьеров является только промежуточным этапом в процессах переноса элементов, в частности, редкоземельных [Эпова и др., 2018]. Например, показано [Русаль, 2015], что сравнительно маловодные сульфаты группы роценита не образуются непосредственно по сульфидам, а являются продуктами дегидратации более водных членов сульфатного ряда: пиккеренгита, галотрихита и других, причем почти полностью заимствуют их катионный состав. Из этого следует, что наблюдаемые сегодня гипергенные сульфаты, сформированные по сульфидам из черных сланцев кагармановского разреза, не «долговечны», а являются только небольшой частью, временным явлением, в окислительно-восстановительных процессах преобразования коренных пород разреза Кагарманово.

Выводы

Впервые описаны гипергенные образования Кагармановского черносланцевого разреза. Установлено, что точки гипергенной минерализации расположены исключительно внутри сульфидизированной толщи черных сланцев. Гипергенные сульфаты и фосфаты Кагармановского разреза были образованы в результате окисления пирита. Детально описаны основные минералы: пиккерингит, копиапит, алуноген. Обнаружено несколько неидентифицированных минеральных видов, включающие цинк, марганец, железо — минералы из группы фосфатов и сульфатов. Гипергенные образования черносланцевой толщи разреза Кагарманово представляют собой большой интерес для дальнейших исследований, вероятно, может быть открыто несколько новых минеральных видов.

Список литературы

- Белогуб Е. В. Гипергенез сульфидных месторождений Южного Урала: Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. / СпбГУ. Санкт-Петербург, 2009. 40 с.
- Блинов И. А. Гипергенные минералы цинка на сульфидных месторождениях Южного Урала: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук / СпбГУ. Санкт-Петербург, 2016. 23 с.
- Блинов И. А., Белогуб Е. В., Маляренко М. Н. Зональность техногенных сульфатных выцветов Блявинского и Яман-Касинского колчеданных месторождений: природные данные и эксперимент // Литосфера, 2013. № 5. С. 111–121.
- Войткевич Г. В., Кокин А. В., Мирошников А. Е., Прохоров В. Г. Справочник по геохимии. М: Недра, 1990. 480 с.

Кашкай М. А., Алиев Р. М. Новый минерал кальциокопиаптит (тусиит) из группы копиаптитов и о характеристике этой группы вообще // Тр. Азербайдж. геогр. общ., 1960. С. 49–76.

Ковалев С. Г., Высоцкий И. В., Фаткуллин И. Р. Сложнодислоцированные углеродсодержащие толщи западного склона Южного Урала. Уфа: БГУ, 1999. 118 с.

Ковалев С. Г., Мичурин С. В. Геохимическая специализация углеродсодержащих толщ западного склона Южного Урала // Литология и полезные ископаемые, 2005. № 3. С. 281–291.

Ларионов Н. Н., Цветкова А. А. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:200000. Южно-Уральская серия. N-40-XXII (Тукан). СПб.: МПР РФ, 2003.

Маслов А. В., Крупенин М. Т., Гареев Э. З., Анфимов Л. В. Рифей западного склона Южного Урала (классические разрезы, седименто- и литогенез, минерогения, геологические памятники природы). Том I. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2001. 351 с.

Мичурин С. В., Ковалев С. Г., Черникова Т. И. Изотопные и термобарогеохимические особенности углеродисто-глинистых сланцев в сложнодислоцированных зонах западного склона Южного Урала // Геологический сборник № 4. ИГ УНЦ РАН. Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2004. С. 130–136.

Огородова Л. П., Гриценко Ю. Д., Вигасина М. Ф., Косова Д. А., Мельчакова Л. В., Ксенофонтов Д. А., Дедушенко С. К. Физико-химическое и калориметрическое изучение алюмокопиаптитов и термодинамические свойства минералов копиаптитовой группы // Геохимия, 2021. Т. 66. № 3. С. 281–288.

Русаль О. С. Гипергенные сульфаты группы роценита Шерловогорского олово-полиметаллического месторождения Забайкальского края // Вестник Томского государственного университета. 2015. № 400. С. 414–419. DOI: 10.17223/15617793/400/62

Русаль О. С. Физико-химическая модель образования гипергенных сульфатов на примере Шерловогорского месторождения // Геосферные исследования, 2018. № 3. С. 51–57. DOI: 10.17223/25421379/8/5

Сначёв А. В., Пучков В. Н. Первые находки палладий-золото-редкометаллической минерализации в докембрийских углеродистых сланцах западного склона Южного Урала // Доклады Академии наук. 2010. Т. 433. № 1. С. 77–80.

Сначёв А. В., Сначёв В. И., Ардисламов Ф. Р. Прогнозные ресурсы золота в углеродистых отложениях Зигаино-Комаровской свиты Белорецкого метаморфического комплекса (Южный Урал) // Георесурсы. 2015. № 4–1 (63). С. 99–104.

Сначёв А. В., Сначёв В. И., Рыкус М. В., Савельев Д. Е., Бажин Е. А., Ардисламов Ф. Р. Геология, петрогеохимия и рудоносность углеродистых отложений Южного Урала. Уфа: ДизайнПресс, 2012. 208 с.

Филиппова К. А. Геохимия процессов техногенеза Бакальских железорудных месторождений (Южный Урал): Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук / ИГГ УрО РАН. Екатеринбург, 2004. 24 с.

Энова Е. С., Русаль О. С., Еремин О. В. Редкоземельные элементы в зоне гипергенеза Шерловогорского олово-полиметаллического месторождения (Забайкальский край) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329. № 8. С. 88–95.

Bayliss P., Atencio D. X-ray powder-diffraction data and cell parameters for copiapite-group minerals // Canadian Mineralogist 1985. V. 23. P. 53–56

Christidis P. C., Rentzeperis P. J. The crystal structure of rhombohedral $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ // Zeitschrift für Kristallographie. 1976. V. 144. P. 341–352.

Fanfani L., Nunzi A., Zanazzi P. F., Zanzari A. R. The copiapite problem: the crystal structure of a ferrian copiapite // American Mineralogist 1973. V. 58. P. 314–322.

Fang J. H., Robinson P. D. Alunogen, $\text{Al}_2(\text{H}_2\text{O})_{12}(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$: Its atomic arrangement and water content // American Mineralogist 1976. V. 61, iss. 416. P. 311–317.

Jamieson H. E., Robinson C., Alpers C. N., McCleskey R. B., Nordstrom D. K., Peterson R. C. Major and trace element composition of copiapite-group minerals and coexisting water from the Richmond mine, Iron Mountain, California // Chemical Geology. 2005. V. 215. P. 387–405. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2004.10.001

Lausen C. Hydrated sulphates formed under fumerolic conditions at the United Verde Mine // American Mineralogist. 1928. V. 13. P. 208.

Majzlan J., Kiefer B. An X-Ray- and neutron-diffraction study of synthetic ferric copiapite, $\text{Fe}_{143}(\text{SO}_4)_6(\text{OD},\text{OH})_2(\text{D}_2\text{O},\text{H}_2\text{O})_{20}$, and ab initio calculations on the structure of magnesiocopiapite $\text{MgFe}_4(\text{SO}_4)_6(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_{20}$ // The Canadian Mineralogist. 2006. V. 44. P. 1227–1237.

Parafiniuk J. Fibroferrite, slavikite and pickeringite from the oxidation zone of pyrite-bearing schists in Wieściszowice (Lower Silesia) // Mineralogia Polonica. 1991. V. 22. P. 3–16.

Paramanick S., Rajesh V. J., Praveen M. N., Sajinkumar K. S., Bhattacharya S. Spectral and chemical characterization of copiapite and rozenite from Padinjathara in Wayanad, Southern India: Possible implications for mars exploration // Chemical Geology 2021. V. 575. 120043. 10.1016/j.chemgeo.2020.120043

Rodrigues A., van Bergen M. J. Superficial alteration mineralogy in active volcanic systems: An example of Poás volcano, Costa Rica // Journal of Volcanology and Geothermal Research 2017. V. 346. P. 54–80.

References

Belogub E. V. (2009) *Gipergenez sul'fidnykh mestorozhdenii Yuzhnogo Urala* [Hypergenesis of sulfide deposits of the Southern Urals]. Avtoref. dis. ... dokt. geol.-min. nauk. Sankt-Peterburg. 40 p. (In Russian).

Blinov I. A. (2016) *Gipergennye mineraly tsinka na sul'fidnykh mestorozhdeniyakh Yuzhnogo Urala* [Supergene zinc minerals in sulfide deposits of the Southern Urals]. Avtoref. dis. ... kand. geol.-min. nauk. Sankt-Peterburg. 23 p. (In Russian).

Blinov I. A., Belogub E. V., Malyarenok M. N. (2013) Zonal'nost' tekhnogennykh sul'fatnykh vyvetov Blyavinskogo

- i Yaman-Kasinskogo kolchedannykh mestorozhdenii: prirodnye dannye i eksperiment [Zoning of technogenic sulfate efflorescences of the Blavinsky and Yaman-Kasinsky pyrite deposits: natural data and experiment]. *Litosfera*. 5, 111–121.
- Vojtkovich G. V., Kokin A. V., Miroshnikov A. E., Prohorov V. G. (1990) *Spravochnik po geokhimii* [Handbook of Geochemistry]. M: Nedra. 480 p. (In Russian).
- Kashkaj M. A., Aliev R. M. (1960) Novyi mineral kal'tsiokopiapit (tusiit) iz gruppy kopiapita i o kharakte ristike etoi gruppy voobshche [New mineral calciocopiapite (tusiite) from the copyapite group and the characteristics of this group in general]. *Tr. Azerbajdzh. geogr. obshch.* 49–76. (In Russian).
- Kovalev S. G., Vysockij I. V., Fatkullin I. R. (1999) *Slozhnodislocirovannye uglerodsoderzhashchie tolshchi zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala* [Complexly deformed carbon-bearing strata of the western slope of the Southern Urals]. Ufa: BGU 118 p. (In Russian).
- Kovalev S. G., Michurin S. V. (2005) Geokhimicheskaya spetsializatsiya uglerodsoderzhashchikh tolshch zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [Geochemical specialization of carbon-bearing strata of the western slope of the Southern Urals]. *Litologiya i poleznye iskopaemye*. (3), 281–291. (In Russian).
- Larionov N. N., Cvetkova A. A. (2003) Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. 1:200000. Yuzhno-Ural'skaya seriya. N-40-XXII (Tukan) [State geological map of the Russian Federation. 1:200000. South Ural series. N-40-XXII (Tukan)]. SPb.: MPR RF. (In Russian).
- Maslov A. V., Krupenin M. T., Gareev E. Z., Anfimov L. V. (2001) *Rifei zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala (klassicheskie razrezy, sedimento- i litogenez, minerageniya, geologicheskie pamyatniki prirody)*. Tom I [Riphean of the western slope of the Southern Urals (classical sections, sedimentation and lithogenesis, minerageny, geological natural monuments)]. Ekaterinburg: IGG UrO RAN. 1, 351 p. (In Russian).
- Michurin S. V., Kovalev S. G., Chernikova T. I. (2004) Izotopnye i termobarogeokhimicheskie osobennosti uglerodisto-glinistykh slantsev v slozhnodislotsirovannykh zonakh zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [Isotopic and thermobarogeochemical features of carbonaceous-clayey shales in complexly dislocated zones of the western slope of the Southern Urals]. *Geologicheskij sbornik №4*. IG UNC RAN. Ufa: OOO «DizajnPoligrafServis». 130–136. (In Russian).
- Ogorodova L. P., Gricenko YU. D., Vigasina M. F., Kosova D. A., Mel'chakova L. V., Ksenofontov D. A., Dedushenko S. K. (2021) Fiziko-khimicheskoe i kalorimetricheskoe izuchenie alyuminokopiapita i termodinamicheskie svoistva mineralov kopiapitovoi gruppy [Physico-chemical and calorimetric study of aluminocopiapite and thermodynamic properties of minerals of the copyapite group]. *Geohimiya*. 66 (3), 281–288. (In Russian).
- Rusal' O. S. (2015) Gipergennyye sul'faty gruppy rotsenita Sherlovogorskogo olovo-polimetallicheskogo mestorozhdeniya Zabaikal'skogo kraja [Supergene sulfates of the rocenite group of the Sherlovogorsk tin-polymetallic deposit of the Transbaikalian region]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*. 400, 414–419. DOI: 10.17223/15617793/400/62 (In Russian).
- Rusal' O. S. (2018) Fiziko-khimicheskaya model' obrazovaniya gipergennykh sul'fatov na primere Sherlovogorskogo mestorozhdeniya [Physico-chemical model of the formation of supergene sulfates using the example of the Sherlovogorsk deposit]. *Geosfernye issledovaniya*. (3), 51–57. DOI: 10.17223/25421379/8/5 (In Russian).
- Snachev A. V., Puchkov V. N. (2010) Pervye nakhodki palladii-zoloto-redkometal'noi mineralizatsii v dokembriiskikh uglerodistykh slantsakh zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [First findings of palladium-gold-ree ore mineralization in precambrian carbonaceous shales on the western slope of the Southern Urals]. *Doklady Earth Sciences*. 433 (1), 77–80. (In Russian).
- Snachev A. V., Snachev V. I., Ardislamov F. R. (2015) Prognoznye resursy zolota v uglerodistykh otlozheniyakh Zigazino-Komarovskoi svity Beloretskogo metamorficheskogo kompleksa (Yuzhnyi Ural) [Predicted gold resources in carbonaceous deposits of the Zigazino-Komarovskaya formation of the Beloretsk metamorphic complex (Southern Urals)]. *Georesources*. 4–1 (63), 99–104. (In Russian).
- Snachev A. V., Snachev V. I., Rykus M. V., Savel'ev D. E., Bazhin E. A., Ardislamov F. R. (2012) *Geologiya, petrogeokhimiya i rudonosnost' uglerodistykh otlozhenii Yuzhnogo Urala* [Geology, petrogeochemistry and ore content of carbonaceous deposits of the Southern Urals]. Ufa: DizajnPress. 208 p. (In Russian).
- Filippova K. A. (2004) *Geokhimiya protsessov tekhnogeneza Bakal'skikh zhelezorudnykh mestorozhdenii (Yuzhnyi Ural)* [Geochemistry of technogenesis processes of the Bakal iron ore deposits (Southern Urals)]. Avtoref. dis. ... kand. geol.-min. nauk. Ekaterinburg. 24 p. (In Russian).
- Epovala E. S., Rusal' O. S., Eremin O. V. (2018) Redkozemel'nye elementy v zone gipergeneza Sherlovogorskogo olovo-polimetallicheskogo mestorozhdeniya (Zabaikal'skii krai) [Rare earth elements in the hypergenesis zone of the Sherlovogorsk tin-polymetallic deposit (Transbaikalian region)]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*. 329 (8), 88–95. (In Russian).
- Bayliss P., Atencio D. (1985) X-ray powder-diffraction data and cell parameters for copiapite-group minerals. *Canadian Mineralogist* 23, 53–56.
- Christidis P. C., Rentzeperis P. J. (1976) The crystal structure of rhombohedral $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. *Zeitschrift für Kristallographie*. 144, 341–352.
- Fanfani L., Nunzi A., Zanazzi P. F., Zanzari A. R. (1973) The copiapite problem: the crystal structure of a ferrian copiapite. *American Mineralogist* 58, 314–322.
- Fang J. H., Robinson P. D. (1976) Alunogen, $\text{Al}_2(\text{H}_2\text{O})_{12}(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$: Its atomic arrangement and water content. *American Mineralogist* 61 (416), 311–317.
- Jamieson H. E., Robinson C., Alpers C. N., McCleskey R. B., Nordstrom D. K., Peterson R. C. (2005) Major and trace element composition of copiapite-group minerals and coexisting water from the Richmond mine, Iron Mountain, California. *Chemical Geology*. 215, 387–405. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2004.10.001
- Lausen C. (1928) Hydrous sulphates formed under fumerolic conditions at the United Verde Mine. *American Mineralogist*. 13, 208.

Majzlan J., Kiefer B. (2006) An X-Ray- and neutron-diffraction study of synthetic ferricopiapite, $\text{Fe}_{14/3}(\text{SO}_4)_6(\text{OD},\text{OH})_2(\text{D}_2\text{O},\text{H}_2\text{O})_{20}$, and ab initio calculations on the structure of magnesiocopiapite $\text{MgFe}_4(\text{SO}_4)_6(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_{20}$. *The Canadian Mineralogist*. 44, 1227–1237.

Parafiniuk J. (1991) Fibroferrite, slavikite and pickeringite from the oxidation zone of pyrite-bearing schists in Wieściszowice (Lower Silesia). *Mineralogia Polonica*, 22, 3–16.

Paramanick S., Rajesh V.J., Praveen M.N., Sajinkumar K.S., Bhattacharya S. (2021) Spectral and chemical characterization of copiapite and rozenite from Padinjara in Wayanad, Southern India: Possible implications for mars exploration. *Chemical Geology*. 575, 120043. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2020.120043

Rodríguez A., van Bergen M.J. (2017) Superficial alteration mineralogy in active volcanic systems: An example of Poás volcano, Costa Rica. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 346, 54–80.

Сведения об авторах:

Самигуллин Айдар Альфридович, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. Samigullinaidar85@gmail.com

Мичурин Сергей Васильевич, к.г.-м.н. Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. s_michurin@mail.ru

About the authors:

Samigullin Aidar Alfridovich, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. Samigullinaidar85@gmail.com

Michurin Sergey Vasilevich, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. s_michurin@mail.ru

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.*

Статья поступила в редакцию 04.06.2024; одобрена после рецензирования 05.06.2024; принята к публикации 22.07.2024

The article was submitted 04.06.2024; approved after reviewing 05.06.2024; accepted for publication 22.07.2024

Научная статья

УДК 553.41

DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-10

РАЗНОВОЗРАСТНЫЕ ЛОЖКОВЫЕ РОССЫПИ ЯРАТОВСКАЯ И ВОРОНЦОВСКИЙ ЛОГ: MORFOГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТА И ЕГО ИСТОЧНИКИ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

П. В. Казаков, А. В. Сначёв

Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450077, г. Уфа, ул. К. Маркса, 16/2, pv_kazakov@list.ru

Рассмотрена пространственно-генетическая связь между ложковыми россыпями золота и их коренными и промежуточными источниками в зоне Главного Уральского разлома. Морфогенетические особенности шлихового золота и его внутренней структуры, изученные в безрельфных полировках по разным классам крупности и горизонтам россыпи Воронцовский Лог, указывают на длительную связь россыпи с первоисточником, которым видимо, являются золото-кварцевые жилы с малосульфидной минерализацией среднеглубинной формации.

Ключевые слова: Южный Урал, самородное золото, типоморфизм, ложковые россыпи

Благодарности: Работа выполнена в рамках Государственного задания ИГ УФИЦ РАН (FMRS-2022–0012).

Original article

DIFFERENT-AGE RAVINE PLACERS YARATOVSKAYA AND VORONTSOVSKIY LOG: MORPHOGENETIC FEATURES OF GOLD AND ITS SOURCES (SOUTHERN URALS)

P. V. Kazakov, A. V. Snachev

Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Karl Marx str. 16/2, Ufa, 450077, Russia; pv_kazakov@list.ru

A close spatial-genetic relationship between native placers of gold and their indigenous and intermediate sources in the zone of the Main Ural fault is considered. Morphogenetic features of native gold and its internal structure, studied in non-relief polishes according to different classes of size and horizons of the Vorontsovsky Log placer, indicate a long-term connection of the placer with the primary source, which apparently are gold-quartz veins with low-sulfide mineralization of the middle-depth formation.

Keywords: Southern Urals, native gold, typomorphism, ravine placers

Acknowledgements: The work was carried out within the framework of the State Assignment of IG UFRC RAS (FMRS-2022-0012).

Для цитирования: Казаков П. В., Сначёв А. В. Разновозрастные ложковые россыпи Яратовская и Воронцовский Лог: морфогенетические особенности золота и его источники (Южный Урал) // Геологический вестник. 2024. №2. С. 130–136. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-10

For citation: Kazakov P. V., Snachev A. V. (2024) Different-age ravine placers Yaratovskaya and Vorontsovskiy Log: morphogenetic features of gold and its sources (Southern Urals). *Geologicheskii vestnik*. 2024. No. 2. P. 130–136. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-10

© П. В. Казаков, А. В. Сначёв, 2024

Введение

Главный Уральский разлом как долгоживущая шовная зона между Уралтауским мегаантиклинорием и Магнитогорским мегасинклином сопровождается многочисленными полихронными коренными источниками золота различных генетических типов и россыпями. Наиболее тесная пространственно-генетическая связь с коренными источниками наблюдается у россыпей ближнего сноса и в первую очередь у ложковых россыпей.

Яратовская мелколожковая россыпь золота является классическим примером формирования ее как за счет обломочного материала золотоносной кварцевой жилы, залегающей непосредственно в голове россыпи, так и переотложения россыпного золота из базального (галечно-валунного) горизонта террасовой россыпи, залегающей в ее борту [Казаков, 2024].

Формирование же древнеложковой россыпи Воронцовский Лог, в отличие от Яратовской, происходило в более сложных условиях в результате наращивания продуктивности за счет перемива эоплейстоценовых красноцветных делювиально-пролювиальных отложений, слабо сохранившихся от размыва в бортах широкого корытообразного лога. Первоисточником россыпи являлись золото-сульфидно-кварцевые рудопроявления, приуроченные к Убалинской субмеридианальной зоне минерализации, часть из которых (Воронцовское, Верхне-Убалинское и Средне-Убалинское) затронуты мелкостарательской разработкой.

В работе использованы архивные материалы, фондовые материалы поисково-оценочных работ по группе Орловских россыпей (ответственный исполнитель Г. П. Шломо, (1992ф)) и собственные наблюдения авторов с проведением ревизионно-поисковых маршрутов и тематических исследований рудно-россыпных узлов Южного Урала.

Цель настоящей статьи — рассмотрение геолого-генетической связи в системе коренной источник-россыпь золота.

Ниже остановимся на характеристике упомянутых выше ложковых россыпей по [Казаков, Салихов, 2006; Ковалев и др., 2016; Казаков, 2024] с дополнениями.

Россыпь Яратовская расположена в 22 км к западу от г. Баймак в долине лога, впадающего слева в р. Сакмара (бассейн р. Урал) в 1.0 км к северо-востоку от с. Яратово.

Россыпь позднелепистоценовая, делювиально-аллювиальная (ложковая). Выявлена

при маршрутном обследовании расположенных севернее ранее известных россыпей Сурай и Буреле-Елга и названная нами Яратовской (Казаков, 1988ф).

Россыпь берет начало от маломощной (20–30 см) жилы молочно-белого кавернозного кварца север-северо-восточного простирания на западном склоне г. Бура-Тау с высотной отметкой 544.2 м. Справа к россыпи примыкает лог протяженностью 350 м, прорезающий плиоценовую террасу (абс. высота 515 м). Начиная с этой террасы, вниз по логу наблюдаются старательские эксплуатационные дудки. Общая протяженность контура разработок россыпи 1.1 км, ширина 5–15 м. Рыхлые отложения отвалов представлены, в пределах террасы: мелкогалунно-галечным хорошо окатанным материалом кварц-кварцитового состава с желтовато-коричневым глинисто-песчаным заполнителем; в пределах лога: щебнисто-галечным плохо окатанным материалом с глинисто-дресвяным заполнителем грязно-серого цвета. Состав гальки и щебня: серпентиниты, габбро, порфириты основного состава, кварц.

Вышеупомянутые россыпи Сурай и Буреле-Елга средне-позднелепистоценовые, делювиально-аллювиальные ложковые, переходящие в аллювиальные; разведывались шурфами и отработаны в 1932–1933 гг. По россыпи Сурай добыто 17.4 кг золота при среднем содержании на пласт (мощностью 0.5–4.2 м) от 0.1 до 7.7 г/м³. Мощность горной массы 2.5–5.2 м, средняя около 4 м. Протяженность контура разработок 700 м, ширина 5–30 м. Рыхлые отложения представлены глинами песчанистыми и глинистыми песками с примесью гальки средней окатанности, глиной темно-серой. Плотик — серпентиниты. Наблюдалась примесь осмистого иридия.

По россыпи Буреле-Елга добыто 4.8 кг золота при среднем содержании 0.2–0.39 г/м³ на горную массу мощностью 2.0–4.9 м. Протяженность контура разработок (суммарная с двумя левыми ложками) 1.2 км, ширина от 5–7 до 20 м. Рыхлые отложения отвалов представлены галечниками плохой окатанности с песком и щебнем, глиной и суглинком серым. Галька и щебень представлены серпентинитами, порфиритами, сланцами, кварцем.

Встречались платина и осмистого иридия. Золото окатанное, мелкое. Зерна платины мелкие, окатанные (Кузнецов, 1937ф; Масалова, 1946ф).

В бортах россыпей Сурай и Буреле-Елга, также как и по Яратовской россыпи, закартированы сохранившиеся от размыва фрагменты эрозионно-аккумулятивных низкоцокольных надпойменных террас р. Сакмара. Среди выходов

коренных пород между ручьями встречаются развалы кварцевых жил, аналогичных кварцевой жиле в голове Яратовской россыпи.

Россыпь Воронцовский Лог расположена в левом логу долины р. Миасс (бассейн р. Тобол), в 1.5 км к западу от с. Орловка.

Россыпь эоплейстоцен-поздненеоплейстоценовая, делювиально-аллювиальная (ложковая) [Казиков, Салихов, 2006]. По материалам А. П. Сигова (1937ф), разрабатывалась открытым способом (разрезами). До 1873 г. добыто около 100 кг золота с содержанием 3 г/м³ на пласт. С 1873 по 1893 г. добыто 405.8 кг золота со средним содержанием около 2.7 г/м³ на пласт. До 1937 г. добыто 15 кг золота, в том числе в 1936 г. — 0.46 кг золота с содержанием 0.5 г/м³ на пласт. Протяженность отработываемой части россыпи 2.1 км, ширина 50–230 м, глубина залегания 2–10 м (средняя — 3.2 м).

В 1962 и 1964 гг. россыпь разведывалась Миасским прииском, а в последующие три года велась разработка гидравликами верхней части россыпи. Добыто 25.3 кг золота с содержанием 149 мг/м³ горной массы.

В стенках старых карьеров вскрываются эоплейстоценовые глины красновато-коричневые, плотные, вязкие, слабо песчанистые с мелким бобовником, дресвой и щебнем ультраосновных и зеленокаменных пород. На дне карьеров наблюдаются редкие валуны кварца и зеленокаменных пород. Окатанность валунов 2–3 балла, на поверхности их «корочка загара» (Петров, 1991ф).

В 1985–1992 гг. по группе Орловских россыпей (Мулдакаевское россыпное поле) проведены поисково-оценочные работы с подсчетом запасов

по категории С₁ техногенных остаточно-целиковых россыпей (Шломо, 1992ф). По результатам этих работ ниже дана характеристика россыпи Воронцовский Лог (в нашей интерпретации возраста и генезиса вмещающих отложений) (рис. 1).

Днище лога выстилают, залегающие на корях выветривания среднеэоплейстоценовые делювиально-аллювиальные отложения, представленные песчанистыми глинами и глинистыми песками со щебнем кварца и слабо выветрелых палеозойских пород, пески гравийные с прослоями гальки и щебня. На них залегают делювиально-аллювиальные осадки верхнего неоплейстоцена. По составу это песчано-щебнисто-глинистые образования, плохо сортированные, бурого, коричневатого цвета. В устье лога среднеэоплейстоценовые делювиально-аллювиальные отложения перекрыты голоценовым аллювием Воронцовского Лога, сливающимся с пойменным аллювием р. Миасс. Россыпь нарушена старательскими отработками. Техногенные образования наиболее распространены в верховьях и средней части лога. Средняя мощность их достигает 3 м, по объему они составляют треть от общего объема рыхлых отложений. Наблюдается прямая зависимость продуктивности от изменения подсчетных мощностей россыпи по простиранию. Продуктивность наиболее высокая в верховьях россыпи и плавно снижается вниз по логу (рис. 2). В наиболее продуктивной части россыпи на линии 709 (149 кг/км), кроме того, отмечается и самая высокая концентрация золота — 161–169 мг/м³. Ниже по простиранию содержание золота в отложениях немного снижается и остается примерно на одном уровне — 150–159 мг/м³.

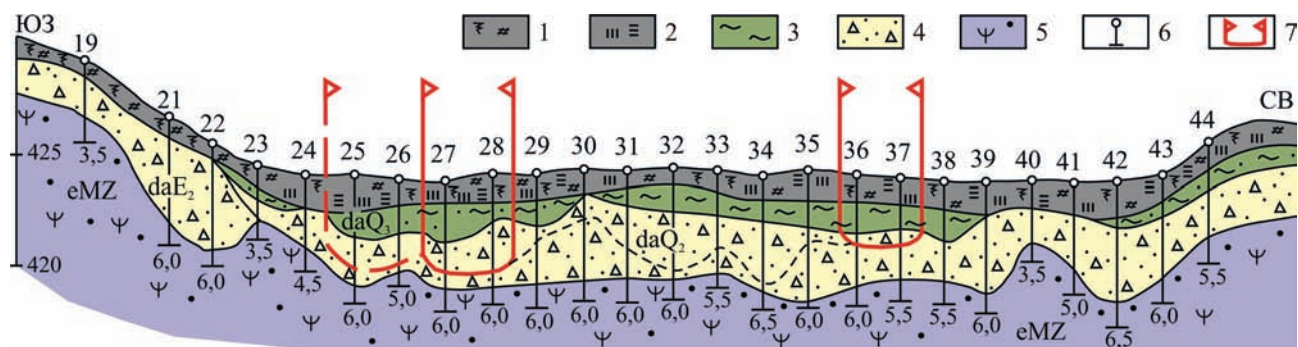


Рис. 1. Геологический разрез россыпи Воронцовский Лог, по (Шломо, 1992ф), с изменениями

Условные обозначения: 1 – почвенно-растительный слой, 2 – торф, 3 – суглинок, 4 – песок с примесью щебня, 5 – донные отложения с примесью песка, 6 – скважины и их глубина (м), 7 – контуры подсчетных блоков категории С₁, С₂, Р₁, Р₂.

Fig. 1. Geological cross-section along the placer Vorontsovsky Log, according to (Shlomo, 1992f) with changes

Legend: 1 – soil-vegetative layer, 2 – peat, 3 – loam, 4 – sand with an admixture of crushed stone, 5 – bottom sediments with an admixture of sand, 6 – wells and their depth (m), 7 – contours of counting blocks of categories С₁, С₂, Р₁, Р₂.

Формирование Воронцовского Лога шириной до 0.5 км обязано пересечению Убалинского разлома северо-восточного простирания, сопровождаемого зоной расланцевания и минерализации с северо-западным разломом. С Убалинским разломом кроме Убалинской россыпи с накопленной добычей около 2 т золота связаны Верхне-Убалинское и Средне-Убалинское золото-сульфидно-кварцевые месторождения.

Непосредственно в верховьях Воронцовского лога наиболее существенное оруденение представлено Воронцовским рудопроявлением, которое разрабатывалось старателями в 1888–1909 гг. По архивным данным (Бокарев, 1931ф), золото-кварцевые жилы на рудопроявлении имели среднюю мощность 8 см и залегали в пиритизированных, окварцованных и карбонатизированных диабазовых порфиритах. Распределение золота кустовое, среднее содержание 9.0 г/т. На рудопроявлении до 1917 г. добыто около 1 кг золота.

Морфогенетические особенности шлихового золота Воронцовского Лога

Гранулометрический состав шлихового золота по литолого-стратиграфическим горизонтам представлен в табл. 1. Наиболее крупное золото в голоценовом аллювии — 57.8% золотин крупнее 1 мм. Золото кор выветривания — наиболее мелкое (60.6% золотин менее 0.25 мм) и самое низкопробное. Наиболее крупное золото слабоокатанное имеет преимущественно таблитчатую форму золотин (рис. 3, а — в). Форма золотин фракции -1.0+0.5 мм комковидная (40%) и таблитчатая (60%). Мелкое золото пластинчатой и удлиненной формы. Много золотин в сростках с кварцем и в железистой рубашке.

**Таблица 1 Гранулометрический состав шлихового золота по литолого-стратиграфическим горизонтам [(Шломо, 1992ф)
Table 1 Granulometric composition of concentrate gold according to lithological-stratigraphic horizons [(Shlomo, 1992f)**

Горизонт	Содержание по классам крупности (мм), %						
	+3.0	-3.0+2.0	-2.0+1.0	-1.0+0.5	-0.5+0.25	-0.25+0.1	-0.1
Воронцовский Лог							
Tx	—	23.7	4.0	26.0	26.2	16.5	—
aQ _H	—	10.9	46.9	21.5	9.2	11.5	—
daQ ₃	—	24.1	9.6	26.3	24.5	15.5	—
daQ ₂	—	—	5.5	45.3	34.5	14.6	0.1
eMZ	—	—	—	—	39.4	60.6	—

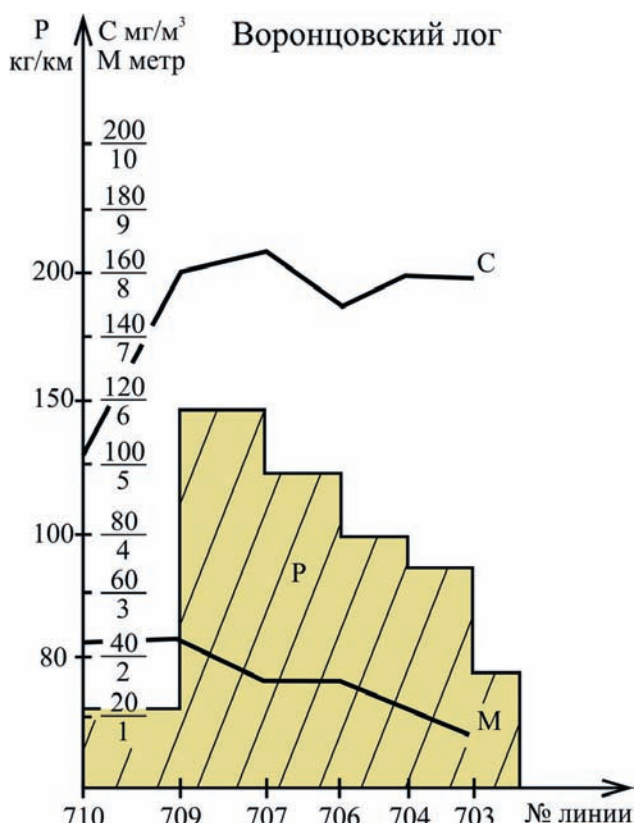


Рис. 2. Изменение продуктивности подсчетных мощностей и средних содержаний по простиранию россыпи Воронцовский Лог (Шломо, 1992ф)

Условные обозначения: C – среднее содержание золота, M – мощность горной массы, P – продуктивность россыпи.

Fig. 2. Change in the productivity of the calculated capacities and average content along the spreading of the placer Vorontsovsky Log (Shlomo, 1992f)

Legend: C – average gold content, M – thickness of the rock mass, P – placer productivity.

Таблица 2 Результаты спектрального анализа шлихового золота (Шломо, 1992ф)
Table 2 Results of spectral analysis of concentrate gold (Shlomo, 1992f)

№№ линии и шурфа	Элементы							
	Cu	Mn	Sb	Pb	Pt	Ti	Ag	Mo
Воронцовский Лог								
710/39, инт. 1.5–2.0 м, кл. +0.5 мм	90	1.0	0.0	1.5	0.0	30	> 10	0.18
704/26, инт. 5.0–6.5 м, кл. +0.5 мм	30	1.5	0.0	1.8	0.0	9	> 10	0.10

Средний гранулометрический состав шлихового золота по фракциям (мм) представлен: $-3+2 = 15.4\%$; $-2+1 = 10.8\%$; $-1+0.5 = 31.8\%$; $-0.5+0.25 = 27\%$; $-0.25+0.1 = 15.2\%$ (рис. 4).

По результатам спектрального анализа, золото содержит примеси меди, серебра, свинца, марганца и молибдена (табл. 2). Средняя пробность (15 определений) — 907. Встречается платина и осмистый иридий.

При изучении морфологии шлихового золота различных литолого-стратиграфических горизонтов россыпи Воронцовского Лога установлены следующие основные особенности:

1. Морфология золота наследуется и повторяется от древних к молодым отложениям.
2. Разнообразием отличаются классы $+0.25$ мм и $+0.1$ мм.
3. Отличие морфологических разновидностей хорошо прослеживается по разным классам крупности. Наиболее крупное золото кл. $-3.0+2.0$ мм характеризуется преимущественно таблитчатыми формами, поверхность микрошагреновая, участками грубоямчатая, сильно затертая.

Золото классов $-1.0+0.5$ мм также объемное, но большую часть объема проб (40%) составляют комковидные разности, среди них большой процент (10–15%) составляют зерна в виде искаженных кристаллов — октаэдров, тетраэдров, сложных их комбинаций, а также скелетные кристаллы и дендритовидные формы. Таблитчатые разности составляют до 50–60%, очертания их часто удлиненные.

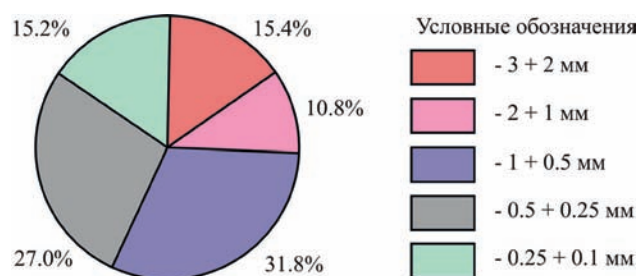


Рис. 4. Средняя крупность шлихового золота по Воронцовскому Логу

Fig. 4. Average size of concentrate gold in Vorontsovsky Log

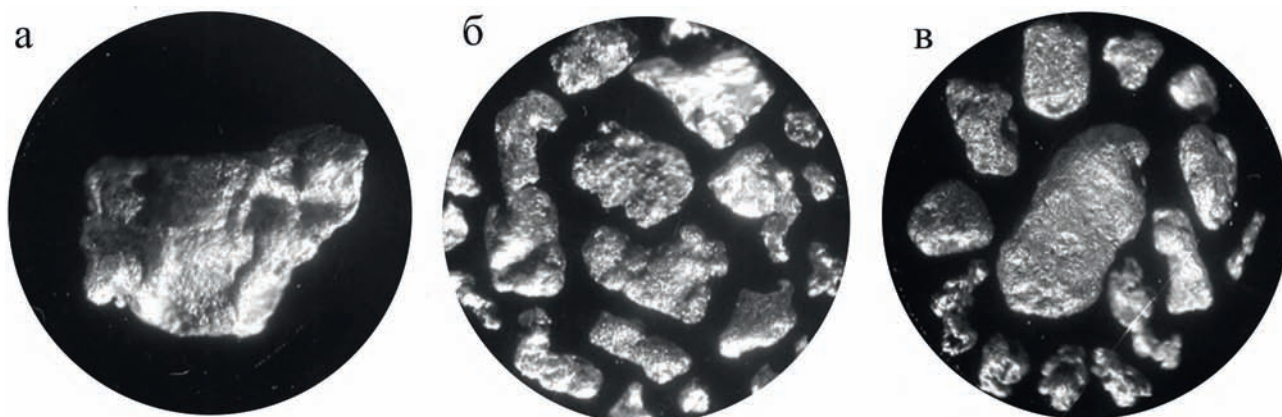


Рис. 3. Золото слабоокатанное, класс $+1.0$ мм (а); среднеокатанное, класс $+0.25$ мм (б) и хорошоокатанное, класс $+0.10$ мм (в). Увеличение $\times 29$

Fig. 3. Weakly rolled gold, class $+1.0$ mm (a); medium-rolled, class $+0.25$ mm (б) and well-rolled, class $+0.10$ mm (в). Increase in $\times 29$

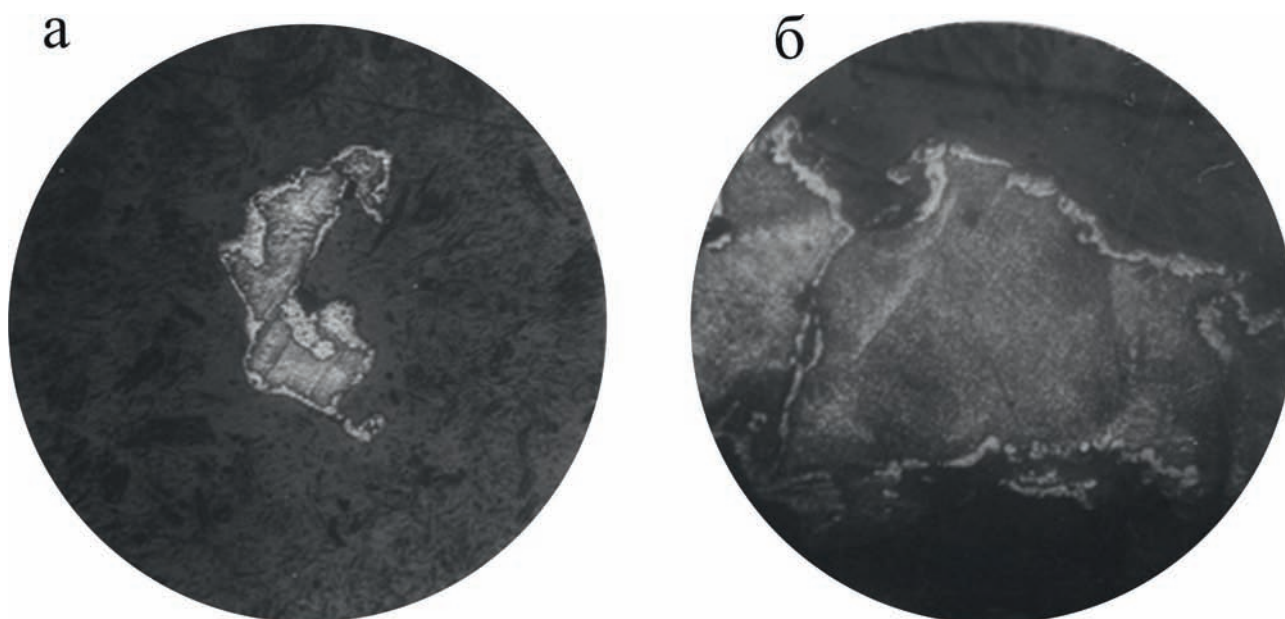


Рис. 5. Внутренняя структура шлихового золота. Класс +0.25, увеличение $\times 72$ (а) и кл.+0.1, ув. $\times 160$ (б)

Fig. 5. Internal structure of concentrate gold. Class +0.25, increase in $\times 72$ (a) and cl. +0.1, increase in $\times 160$ (b)

4. Средние классы содержат преимущественно объемные формы.

5. Мелкие классы (0.1 мм) содержат золото пластинчатых и удлинённых форм. Поверхность золота от чистой, микрошагренево́й до грубо-ямчатой, затертой и с рубашками гидроокислов железа (daQ₂ и eMZ).

6. Окатанность золота преимущественно средняя.

Внутренняя структура шлихового золота Воронцовского Лога

Внутренняя структура шлихового золота изучена в безрельфных полировках, по линиям 704 и 710 по разным классам крупности и горизонтам россыпи (рис. 5, а, б).

По данным этих исследований, у золота проявилась крупнозернистая структура после травления полировок царской водкой, кроме того, у золотин выявились следующие особенности:

- первичная крупнозернистая и монозернистая внутренняя структура;
- полисинтетические двойники;
- внешняя многослойная высокопробная оболочка и высокопробные межзерновые прожилки;
- единичные новообразования гипергенного золота;
- структуры пластических деформаций.

Качественные особенности золота и характер распределения указывают:

- на многостадийность оруденения коренного источника;
- на длительную связь россыпи с первоисточником;
- процессы формирования россыпи нашли свое отражение в характере распределения золота в структурах самого золота и литолого-стратиграфических горизонтах;
- коренным источником для данной россыпи, видимо, являются золото-кварцевые жилы с малосульфидной минерализацией среднеглубинной формации.

Заключение

Таким образом, выявленные особенности геолого-генетической связи в системе коренной источник-россыпь золота позволяют предположить, что россыпь Воронцовского Лога формировалась в два этапа: В эоплейстоцене за счет переработки материала линейно-площадной коры выветривания в зоне минерализации, последующего переотложения и промышленной концентрации золота с формированием продуктивного пласта в неоплейстоцене.

Формирование неоплейстоценовой мелколожковой Яратовской россыпи происходило за счет

поступления материала как непосредственного из золото-кварцевой жилы в голове россыпи, так и переотложения золота из аллювия надпойменных террас р. Сакмара без видимого участия в звене «источник-россыпь золота» коры выветривания.

Список литературы:

Казakov П. В., Салихов Д. Н. Полезные ископаемые Республики Башкортостан (россыпное золото). Часть 2, Уфа: Гилем. 2006. 288 с.

Ковалёв С. Г., Салихов Д. Н., Пучков В. Н. Полезные ископаемые Республики Башкортостан (металлы). Уфа: Альфа-реклама, 2016. 554 с.

Казakov П. В. Источники россыпного золота Яратовской площади (Южный Урал) // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: Материалы / 15-я Межрегиональная научно-практическая конференция, Уфа, 14–17 мая 2024 г. Москва: Издательство «Перо». С. 94–95.

References:

Kazakov P. V. and Salikhov D. N. (2006) *Poleznye iskopaemye respubliky Bashkortostan (rossypnoe zoloto)*. Chast' 2. [Mineral Resources of the Republic of Bashkortostan (placer gold). Part 2]. Ufa, Gilem. 288 p. (in Russian).

Kovalev S. G., Salikhov D. N., Puchkov V. N. (2016) *Poleznye iskopaemye respubliky Bashkortostan (metally)*. [Mineral Resources of the Republic of Bashkortostan (metals)]. Ufa: Alpha-advertising. 554 p. (in Russian).

Kazakov P. V. (2024) *Istochniki rossypnogo zolota Yaratovskoi ploshchadi (Yuzhnyi Ural)* [Sources of placer gold of Yaratovskaya Square (Southern Urals)]. *Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geoekologii Bashkortostana, Urala i sopredel'nykh territorii: Materialy / 15-ya Mezhhregional'naya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*, Ufa, 14–17 maya 2024 g. Moscow: «Pero» Publ., P. 94–95.

Сведения об авторах:

Казakov Петр Васильевич научный сотрудник, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. pv_kazakov@list.ru ORCID 0000-0002-0993-4462

Сначёв Александр Владимирович, канд. геол.-мин. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. SAVant@rambler.ru ORCID 0000-0002-9275-0081

About the authors:

Kazakov Peter Vasilevich, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa, pv_kazakov@list.ru

Snachev Alexander Vladimirovich, Candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa, SAVant@rambler.ru

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.*

Статья поступила в редакцию 04.06.2024; одобрена после рецензирования 05.06.2024; принята к публикации 22.07.2024

The article was submitted 04.06.2024; approved after reviewing 05.06.2024; accepted for publication 22.07.2024

Научная статья

УДК [551.43/44/73/79 + 911.2] (470.55/57)

DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-11

ПРИРОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ДОЛИНЫ РЕКИ ЮРЮЗАНЬ (ОТ УСТЬЯ Р. УСТЬ-КАНДА ДО ГОРЫ ЯНГАНТАУ, ЮЖНОЕ ПРЕДУРАЛЬЕ)

Г. А. Данукалова¹, Ю. В. Соколов¹, П. Г. Полежанкина², Е. М. Осипова¹

1 — Институт геологии — обособленное структурное подразделение

Федерального государственного бюджетного научного учреждения

Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа.

danukalova@ufaras.ru (ORCID 0000-0001-7602-5923),

sokolspeleo@mail.ru (ORCID 0000-0001-5172-5958),

myrte@mail.ru (ORCID 0000-0003-3414-7409)

2 — Акционерное общество Санаторий «Янган-Тау»,

структурное подразделение Центр науки, образования и туризма Геопарк «Янган-Тау», с. Янгантау,

polina.muzei@mail.ru (ORCID 0000-0003-0094-0409)

Долина р. Юрюзань от устья р. Усть-Канда до возвышенности Янгантау расположена вдоль подножья западного склона Южного Урала и пересекает южную часть Юрюзано-Айской равнины Предуралья. Горная часть сложена породами карбона, равнинная — нижней перми. Геологические разрезы Наси, Бэлэкэй кая и Кызырбак являются опорными для башкирского яруса среднего отдела каменноугольной системы. Выделяют несколько опорных разрезов нижнепермских отложений: в разрезах Новые Каратавлы и Кургазак вскрыты породы ахуновской свиты ассельского яруса; разрезы Татарский Малояз и Урдалы — представляют капысовскую и урдалинскую свиты сакмарского яруса; разрез Янгантау является опорным для янгантауской свиты, разрез Ильтаево — для тандакской свиты артинского яруса нижней перми. К карбонатным породам карбона приурочены 19 спелеобъектов, среди которых пещеры Салавата Юлаева, Калмакларовская, Кызырбакская 1 и 2. На территории расположены 49 родников, среди которых самый мощный — минеральный источник Кургазак. Река Юрюзань на данном отрезке имеет 8 притоков. Создание оборудованных информационными стендами геолого-экологических троп будет способствовать повышению значимости природных объектов и акцентировать внимание населения на познании окружающего мира, необходимости его охраны и бережного к нему отношения.

Ключевые слова: геологические памятники природы, Южный Урал, геопарк «Янган-Тау»

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственной бюджетной темы № FMRS-2022–0010. Благодарим Д. Ю. Мокеева (ООО «Карта охотника») за помощь в полевых работах и с фотографическими материалами; директора музея Салавата Юлаева З. А. Садыкову (с. Малояз) и П. Б. Нехороших (Малоязовский ЛТЦ Месягутовского СЦ ПАО «Башинформсвязь») филиал «Ростелеком» в Республике Башкортостан, с. Малояз за всестороннюю помощь при посещении достопримечательностей района; П. А. Косинцева (ИЭРиЖ УрО РАН, г. Екатеринбург) за определение костей животных из карстовых полостей; А. А. Мулдашева (УИБ УФИЦ РАН, г. Уфа) за консультации и дополнительные сведения о редких видах растений; О. В. Артюшкову и А. Г. Яковлева (ИГ УФИЦ РАН) за ценные замечания и рекомендации, улучшившие статью.

Для цитирования: Данукалова Г. А., Соколов Ю. В., Полежанкина П. Г., Осипова Е. М. Природные объекты долины реки Юрюзань (от устья р. Усть-Канда до горы Янгантау, Южное Предуралье) // Геологический вестник. 2024. №2. С. 137–182. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-11

For citation: Danukalova G., Sokolov Yu., Polezhankina P., Osipova E. (2024) Natural objects of the Yuryuzan River valley (from the mouth of the Ust-Kanda River to the village of Yangantau, Southern Fore-Urals). *Geologicheskii vestnik*. 2024. No. 2. P. 137–182. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-11

© Г. А. Данукалова, Ю. В. Соколов, П. Г. Полежанкина, Е. М. Осипова, 2024

Original article

NATURAL OBJECTS OF THE YURYUZAN RIVER VALLEY (FROM THE MOUTH OF THE UST-KANDA RIVER TO THE VILLAGE OF YANGANTAU, SOUTHERN FORE-URALS)

G. Danukalova¹, Yu. Sokolov¹, P. Polezhankina², E. Osipova¹

*1 — Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa.*

*danukalova@ufaras.ru (ORCID 0000-0001-7602-5923),
sokolspeleo@mail.ru (ORCID 0000-0001-5172-5958), myrte@mail.ru (ORCID 0000-0003-3414-7409),*

*2 — Sanatorium Yangan-Tau, structural subdivision of the Center for Science, Education and Tourism
Yangan-Tau Geopark, Yangantau village,
polina.muzei@mail.ru (ORCID 0000-0003-0094-0409)*

The valley of the Yuryuzan River from the mouth of the Ust-Kanda River to the Yangantau Hill flows along the foot of the hills of the western slope of the Southern Urals, composed of Carboniferous rocks, and crosses the southern part of the Yuryuzan-Ai Plain of the Fore-Urals, formed by Lower Permian rocks. The geological sections of Nasi, Belekei kaya and Kyzyrbak are the reference sections for the Bashkirian Stage of the Middle Carboniferous. There are several key-sections of the Lower Permian deposits: in the Novokaratavly and Kurgazak sections, rocks of the Akhunovo Suite of the Asselian Stage were exposed; the Tatarsky Maloyaz and Urdaly sections represent the Kapysovo and Urdaly formations of the Sakmarian Stage; the Yangantau section is the reference section for the Yangantau Suite and the Ittaevo section — for the Tandak Suite of the Artinskian Stage. The Yuryuzan River in this part of the valley has 8 tributaries. 19 speleological objects are associated with Carboniferous carbonate rocks, including the Salavat Yulaev Cave, Kalmaklarovskaya and Kyzyrbakskaya 1 and 2 Caves. There are 49 springs on the territory, among which the most powerful mineral spring is Kurgazak. The creation of geological and ecological paths equipped with information stands will help increase the importance of natural objects and will focus the attention of the population on the need for their protection and careful attitude towards natural objects in general.

Keywords: geological natural monuments, Southern Urals, Yangan-Tau Geopark

Acknowledgments: The work was carried out within the framework of the state budget theme no. FMRS-2022–0010. We thank D. Yu. Mokeev (Hunter's Map LLC) for assistance in field work and with photographic materials; director of the Salavat Yulaev' Museum Z. A. Sadykova (Maloyaz village) and P. B. Nekhoroshikh (Maloyaz village) for comprehensive assistance when visiting the sights of the area; P. A. Kosintsev (Institute of animals and plants ecology, Uralian branch of the Russian academy of sciences, Ekaterinburg) for animal bones determinations from the cavities; A. A. Muldashev (UIB UFRC RAS, Ufa) for consultations and additional information on rare plant species, O. V. Artyushkova and A. G. Yakovlev (IG UFRC RAS) for important notes and corrections which improved our paper.

Введение

Характеризуемая территория от устья р. Усть-Канда до горы Янгантау находится на территории Салаватского района Республики Башкортостан и географически приурочена к крайним западным отрогам Уральских гор и полосе Предуралья (рис. 1).

Основной водной артерией является р. Юрюзань. Река Юрюзань ниже пос. Верхняя Лука выходит из отрогов западного склона Урала, сложенных здесь породами карбона, затем протекает по границе горной системы и Предуралья, а после скалы Кызырбак пересекает узкое про-

странство Предуральской равнины, сформированной нижнепермскими образованиями, и вновь приближается к хребту Каратау, части Уральских гор. На равнинном просторе Предуралья Юрюзань меандрирует от одного к другому бортам долины, создавая систему меандров, проток, стариц, островов и принимает 8 притоков. На территории выявлены многочисленные родники, среди которых самый крупный — Кургазак.

Породы каменноугольной системы формируют живописные скальные обрывы по обоим бортам долины р. Юрюзань — Скалы Салавата, Кызырбак, Бэлэкэй кая, являющиеся опорными

Таблица 1 Населенные пункты
Table 1 Settlements

Название	Статус	Год основания*	Административная принадлежность	Население, 2010 г., чел.	Достопримечательности
Салаватский район, Республика Башкортостан					
Бычковка	деревня	1874	Малоязовский с/с	41	
Гусевка	село	1881	Малоязовский с/с	199	ОШ, ФАП, ДК, ББ
Ильгаево	деревня	1740–1755	Янгантауский с/с	153	ФАП
Кызырбак	деревня	Середина 18 в.	Малоязовский с/с	11	В 1770 г. посетил П. С. Паллас Форелевая ферма
Калмакларово	деревня	1729	Салаватский с/с	208	Клуб
Комсомол	деревня	1930-е гг.	Янгантауский с/с	221	Источник Кургазак
Малояз	село	1756	Центр Салаватского района	4914	ПУ, БГ, СШ, ДДТ, ШИ, СЮТ, 2 ДС, Б, ББ, ДК, музей, мечеть, церковь
Мусатово	деревня	1760-е гг.	Янгантауский с/с	71	В 1770 г. посетил П. С. Паллас
Насибаш	село	1759	Центр Насибашевского с/с	951	СШ, ДС, СРЦ, ФАП, ДК, ББ, мечеть
Новая Михайловка	деревня	1925	Малоязовский с/с	7	
Новокуркино	деревня	Середина 19 в.	Лагеревский с/с	4	Упразднена в 2005 г. Мараловая ферма
Новые Каратавлы	деревня	Начало 19 в.	Алькинский с/с	364	НШ, ДС, ФАП, мечеть
Покровка	деревня	1885–1886	Малоязовский с/с	66	
Татарский Малояз	село	1756	Малоязовский с/с	586	ОШ, ДС, ББ, Б, ДК
Урдалы	деревня	1868	Янгантауский с/с	20	
Черепаново	деревня	1812	Малоязовский с/с	54	
Чулпан	деревня	1924	Янгантауский с/с	376	ФАП
Янгантау	село	1937	Центр Янгантауского с/с	1086	СШ, ДС, ФАП, 2 музея, мечеть, санаторий
Челябинская область					
Малояз	село	1756	Илекский с/с, Ашинский район	131	
Владыкино	село		Усть-Катавский городской округ	-	упразднено
Сулуяновский	посёлок		Усть-Катавский городской округ	-	упразднен
Верхняя Лука	посёлок		Усть-Катавский городской округ	18	

Примечания. * – по [Асфандияров, 2021; Населённые..., 2022]; с/с – сельский совет; ФАП – фельдшерско-акушерский пункт, ДК – дом культуры; ДС – детский сад; ПУ – профессиональное училище; Б – больница; ОШ – основная школа; СШ – средняя школа; НШ – начальная школа; БГ – башкирская гимназия; ДДТ – дом детского творчества; СЮТ – станция юных техников; ШИ – школа искусств; СРЦ – социальный реабилитационный центр; ББ – библиотека

Notes. * – according to [Asfandiyarov, 2021; Nasednyye..., 2022]; с/с – the villages' administrative community; ФАП – first aid station, ДК – house of culture; ДС – nursery school; ПУ – trade school; Б – hospital; ОШ – basic school; СШ – grammar school; НШ – primary school; БГ – Bashkirian gymnasium; ДДТ – the House for arts and crafts for children; СЮТ – young technicians' station; ШИ – art school; СРЦ – social rehabilitation center; ББ – library

разрезами башкирского яруса. В карбонатных породах находятся спелеообъекты — пещеры, ниши, гроты.

На территории Предуралья, к которой приурочен характеризуемый участок долины р. Юрюзань, расположено много населённых пунктов Салаватского района Республики Башкортостан и несколько сёл Челябинской области (табл. 1) [Населённые..., 2022]. Наиболее крупным населённым пунктом является с. Малояз, центр Салаватского района.

Неповторимый ландшафт привлекает внимание многочисленных туристов, посещающих геопарк «Янган-Тау», созданный в Республике Башкортостан в 2017 г.

Статья характеризует геологические и другие природные объекты территории и даёт информацию по ним в комплексе. Подобные сведения позволяют обогатить создаваемые Салаватским местным отделением Русского географического общества в Республике Башкортостан геолого-

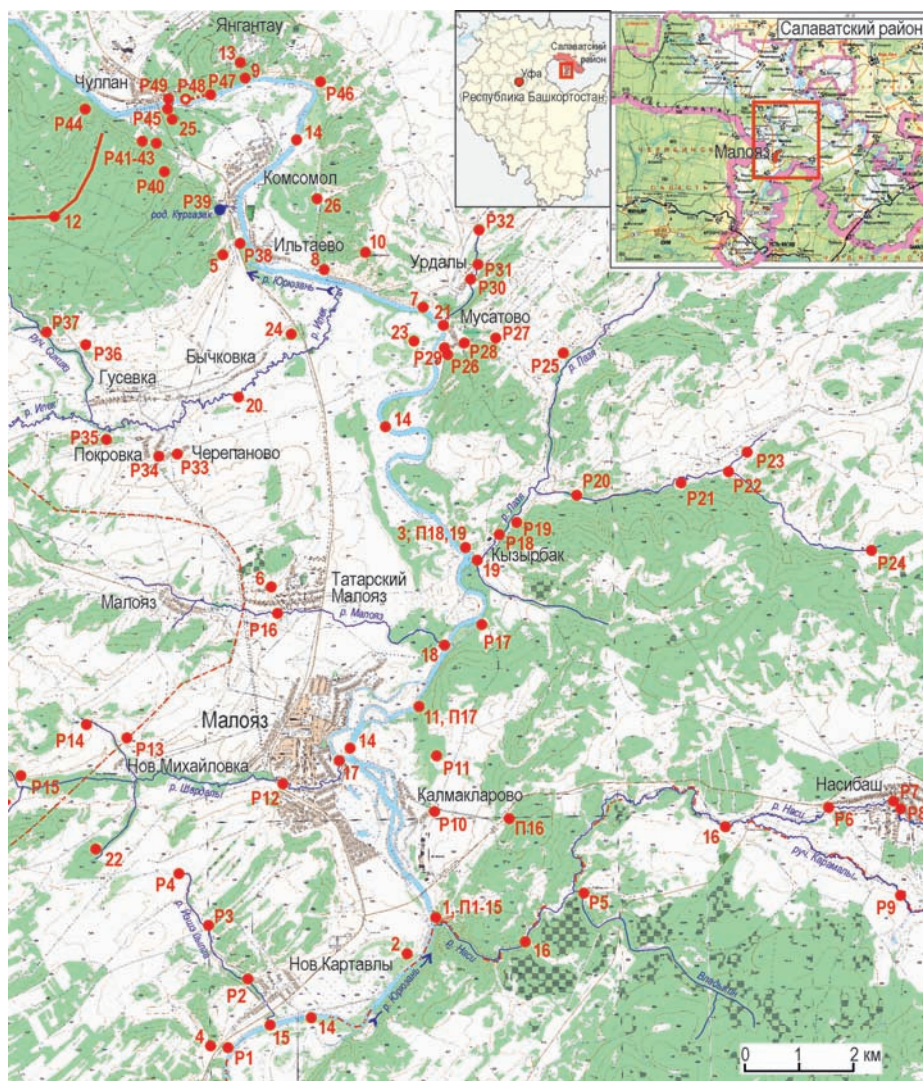


Рис. 1. Обзорная карта-схема территории от устья р. Усть-Канда до с. Янгантау (Салаватский район Республики Башкортостан, геопарк «Янган-Тау»)

Условные обозначения: во врезках – схема административного деления Республики Башкортостан, где красным цветом отмечен Салаватский район республики, карта Салаватского района РБ и геопарка «Янган-Тау», на которой красным прямоугольником отмечена характеризуемая территория.

Fig. 1. An overview map-scheme of the territory from the mouth of Ust-Kanda River to Yangantau village (Salavat district, Bashkortostan Republic, Yangan-Tau Geopark)

Legend: the insets show a scheme of the administrative division of the Republic of Bashkortostan, where the Salavat region is marked in red, a map of the Salavat region of the Republic of Bashkortostan and Yangan-Tau Geopark, on which the characterized territory is marked with a red rectangle.

экологические тропы интересными фактами, акцентировать внимание населения и гостей геопарка на значимости природных объектов и необходимости их сохранения.

Биологическое разнообразие

Флора смешанная — бореально-неморально-степная (рис. 2). На территории от устья р. Усть-Канда до горы Янгантау произрастают лиственные (преимущественно берёзовые) и смешанные (сосново-берёзовые) леса. На выровненных водоразделах и в пойме р. Юрюзань распространены луга, а в долинах рек — пойменный лес. В поймах встречаются осоко-травяные болота и заболоченная ольхово-черёмухово-берёзовая урёма. Степная растительность, распространённая на склонах увалов (преимущественно южной экспозиции) и по коренным берегам рек, представлена злаково-разнотравными и ковыльно-разнотравными сообществами. Каменистые степи занимают крутые южные склоны (на пологих склонах — луговые степи, которые на равнинах распаханы).

Из редких видов растений встречаются, например, ветреница уральская *Anemone uralensis* (Fisch. ex DC., 1824) (рис. 3В), ковыль красивейший *Stipa pulcherrima* (K. Koch, 1848), ковыль перистый *Stipa pennata* (Linnaeus, 1753), тонконог жестколистный *Koeleria sclerophylla* (P. Smirn., 1932) [Красная книга, 2021, 2023], лук косой *Allium obliquum* (Linnaeus, 1753) (см. рис. 3Б), сердечник тройчатый *Cardamine trifida* (Lam. ex Poir., V. M. G. Jones, 1964), схенус ржавый *Schoenus ferrugineus* (Linnaeus, 1753), кокушник длиннорогий *Gymnadenia conopsea* (Linnaeus, 1753) (см. рис. 3А), прострел уральский *Pulsatilla uralensis* (Zämelis, Tzvelev, = *P. flavescens* (Zucc.) Juz., 2001) (см. рис. 3Г), палюстриелла изменчивая *Palustriella decipiens* (De Not., Ochуга, 1989) [Красная книга, 2021], а также первоцвет кортузовидный *Primula cortusoides* (Linnaeus, 1753) и гвоздика иглолистная *Dianthus acicularis* (Fischer ex Ledebour, 1892) (виды, нуждающиеся в особом внимании к их состоянию в природной среде и мониторинге; Приложение II Красной книги Республики Башкортостан, [2021]).

Фауна преимущественно лесная: из млекопитающих — лось *Alces alces* (Linnaeus, 1758), сибирская косуля *Capreolus pygargus* (Pallas, 1771) (рис. 4А), волк *Canis lupus* (Linnaeus, 1758), бурый медведь *Ursus arctos* (Linnaeus, 1758), обыкновенная лисица *Vulpes vulpes* (Linnaeus, 1758), заяц-беляк *Lepus timidus* (Linnaeus, 1758) (см. рис. 4Б), барсук

Meles meles (Linnaeus, 1758), енотовидная собака *Nyctereutes procyonoides* (Gray, 1834) (см. рис. 4В), лесная куница *Martes martes* (Linnaeus, 1758), обыкновенная белка *Sciurus vulgaris* (Linnaeus, 1758) (см. рис. 4Г), южный ёж *Erinaceus roumanicus* (Barrett-Hamilton, 1900) (см. рис. 4Д), обыкновенный бобр *Castor fiber* (Linnaeus, 1758) (см. рис. 4Е), ондатра *Ondatra zibethicus* (Linnaeus, 1766); из птиц — тетерев *Lyrurus tetrrix* (Linnaeus, 1758), рябчик *Tetrastes bonasia* (Linnaeus, 1758) и другие (см. подробнее ниже); земноводные представлены остромордой лягушкой *Rana arvalis* (Nilsson, 1842), пресмыкающиеся — живородящей *Zootoca vivipara* (Lichtenstein, 1823) и прыткой *Lacerta agilis* (Linnaeus, 1758) ящерицами, обыкновенным ужом *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758) и обыкновенной гадюкой *Vipera berus* (Linnaeus, 1758).

Названия видов птиц приводятся по Л. С. Степаняну [2003].

Орнитофауна представлена преимущественно лесными видами птиц: кукушки (обыкновенная *Cuculus canorus* (Linnaeus, 1758), глухая *C. optatus* (Gould, 1845)), дятлы (желна *Dryocopus martius* (Linnaeus, 1758), большой пёстрый *Dendrocopos major* (Linnaeus, 1758), белоспинный *D. leucotos* (Bechstein, 1802), малый пёстрый *D. minor* (Linnaeus, 1758)), дрозды (рябинник *Turdus pilaris* (Linnaeus, 1758), белобровик *T. iliacus* (Linnaeus, 1766), певчий *T. philomelos* (Brehm, 1831), чёрный *T. merula* (Linnaeus, 1758)), камышовки (барсучок *Acrocephalus schoenobaenus* (Linnaeus, 1758), садовая *A. dumetorum* (Blyth, 1849)), славки (серая *Sylvia communis* (Latham, 1787), завирушка *S. curruca* (Linnaeus, 1758)), пеночки (весничка *Phylloscopus trochilus* (Linnaeus, 1758), теньковка *P. collybita* (Vieillot, 1817)), мухоловки (пеструшка *Ficedula hypoleuca* (Pallas, 1764), серая *Muscicapa striata* (Pallas, 1764)), синицы (длиннохвостая *Aegithalos caudatus* (Linnaeus, 1758), большая *Parus major* (Linnaeus, 1758), буроголовая гаичка *P. montanus* (Conrad von Baldenstein, 1827)), овсянки (обыкновенная *Emberiza citrinella* (Linnaeus, 1758), камышевая *E. schoeniclus* (Linnaeus, 1758)), лесной конёк *Anthus trivialis* (Linnaeus, 1758), обыкновенная каменка *Oenanthe oenanthe* (Linnaeus, 1758), зарянка *Erithacus rubecula* (Linnaeus, 1758), обыкновенный соловей *Luscinia luscinia* (Linnaeus, 1758), зяблик *Fringilla coelebs* (Linnaeus, 1758), коноплянка *Acanthis cannabina* (Linnaeus, 1758), обыкновенная чечевица *Carpodacus erythrinus* (Pallas, 1770), клёст-еловик *Loxia curvirostra* (Linnaeus, 1758), обыкновенный снегирь *Pyrrhula pyrrhula* (Linnaeus, 1758) и многие другие. В качестве

залётных птиц встречается кедровка *Nucifraga caryocatactes* (Linnaeus, 1758), в качестве зимующих — обыкновенная *Acanthis flammea* (Linnaeus, 1758) и пепельная чечётки *A. hornemanni* (Holböhl, 1843), пуночка *Plectrophenax nivalis* (Linnaeus, 1758). Из дневных хищных птиц распространены чёрный коршун *Milvus migrans* (Boddaert, 1783) и канюк *Buteo buteo* (Linnaeus, 1758); встречается обыкновенная пустельга *Falco tinnunculus* (Linnaeus, 1758). Из ночных хищных птиц (сов) встречаются сплюшка *Otus scops* (Linnaeus, 1758) и длиннохвостая неясыть *Strix uralensis* (Pallas, 1771). Из околоводных и водоплавающих видов на р. Юрюзань встречаются, например, серая цапля *Ardea cinerea* (Linnaeus, 1758), белолобый гусь *Anser albifrons* (Scopoli, 1769), кряква *Anas platyrhynchos* (Linnaeus, 1758), чирок-трескунок *Anas querquedula* (Linnaeus, 1758), свиязь *Anas penelope* (Linnaeus, 1758), черныш *Tringa ochropus* (Linnaeus, 1758), перевозчик *Actitis hypoleucos* (Linnaeus, 1758). На заливных лугах и отмелях у с. Малояз гнездятся чибисы *Vanellus vanellus* (Linnaeus, 1758), травники *Tringa totanus* (Linnaeus, 1758) и малые зуйки *Charadrius dubius* (Scopoli, 1786). По всему рассматриваемому отрезку р. Юрюзань гнездятся береговые ласточки *Riparia riparia* (Linnaeus, 1758). В санатории «Янган-Тау» на зданиях центральной части курорта с 2021 г. гнездится ставший редким в нашем регионе воронок (городская ласточка) *Delichon urbicum* (Linnaeus, 1758). Из синантропных видов птиц в населённых пунктах и не только встречаются: сизый голубь *Columba livia* (Gmelin, 1789), деревенская ласточка *Hirundo rustica* (Linnaeus, 1758), белая трясогузка *Motacilla alba* (Linnaeus, 1758), обыкновенный скворец *Sturnus vulgaris* (Linnaeus, 1758), серая ворона *Corvus cornix* (Linnaeus, 1758), обыкновенная горихвостка *Phoenicurus phoenicurus* (Linnaeus, 1758), полевой воробей *Passer montanus* (Linnaeus, 1758) и др.

Из редких видов птиц на описываемой территории были встречены: орлан-белохвост *Haliaeetus albicilla* (Linnaeus, 1758) (см. рис. 5А), могильник *Aquila heliaca* (Savigny, 1809), сапсан *Falco peregrinus* (Linnaeus, 1758) (см. рис. 5Б), кулик-сорока *Haematopus ostralegus* (Linnaeus, 1758) (см. рис. 5В), белая лазоревка *Parus cyanus* (Pallas, 1770) (см. рис. 5Г) [Красная книга, 2014, 2021], обыкновенный осоед *Pernis apivorus* (Linnaeus, 1758) (см. рис. 5Д), бородастая неясыть *Strix nebulosa* (Forster, 1772) (см. рис. 5Е), серый сорокопуд *Lanius excubitor* (Linnaeus, 1758) [Красная книга, 2014]. Из них на данном отрезке р. Юрюзань кулик-сорока за 7 лет

наблюдений встречается регулярно (часть данных опубликована — [Полежанкина, 2019]); отмечалась в т. ч. стая летующих куликов-сорок, достигающая 15 особей. Также отмечены виды из Приложения II Красной книги Республики Башкортостан [2014]: серощёкая поганка *Podiceps grisegena* (Boddaert, 1783) (см. рис. 5Ж), лебедь-шипун *Cygnus olor* (Gmelin, 1789), обыкновенный гоголь *Bucephala clangula* (Linnaeus, 1758), луток *Mergus albellus* (Linnaeus, 1758), большой крохаль *Mergus merganser* (Linnaeus, 1758), серая куропатка *Perdix perdix* (Linnaeus, 1758), серый журавль *Grus grus* (Linnaeus, 1758), белая сова *Nyctea scandiaca* (Linnaeus, 1758), седой дятел *Picus canus* (Gmelin, 1788), оляпка *Cinclus cinclus* (Linnaeus, 1758) (см. рис. 5З), лесная завирушка *Prunella modularis* (Linnaeus, 1758), черноголовый чекан *Saxicola torquata maura* (Pallas, 1773) (см. рис. 5И), горихвостка-чернушка *Phoenicurus ochruros* (Gmelin, 1774) (см. рис. 5К).

Из редких видов пресмыкающихся отмечена болотная черепаха *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) (два раза, подтверждённые фоторегистрацией: 14 мая 2019 г. — рис. 6А, [Полежанкина, Мокеев, 2020] и 2 мая 2023 г.), ломкая веретеница *Anguis fragilis* (Linnaeus, 1758) и обыкновенная медянка *Coronella austriaca* (Laurenti, 1768) [Красная книга, 2014], а также обыкновенная гадюка *Vipera berus* (см. рис. 6Б) [Красная книга, 2014: Приложение II].

Из редких видов рыб [Красная книга, 2014] в р. Лазя обитает ручьевая форель *Salmo trutta morpha fario* (Linnaeus, 1758), в р. Юрюзань — европейский хариус *Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758), русская быстрянка *Alburnoides bipunctatus rossicus* (Berg, 1924) [Яковлевы А. Г. и Т. И., 2013] и обыкновенный подкамешик *Cottus gobio* (Linnaeus, 1758).

Фауна рукокрылых данной территории требует дополнительного изучения. У пещеры Калмакларовская при отловах, проведённых в июле 2021 г. старшими научными сотрудниками ЮУФНЦ МиГ УрО РАН к.б.н. В. П. Снитко и Л. В. Снитко при участии биолога геопарка «Янган-Тау» к.б.н. П. Г. Полежанкиной, отмечены 7 видов летучих мышей: ночницы Наттерера *Myotis nattereri* (Kuhl, 1817), усатая *Myotis mystacinus* (Kuhl, 1817), водяная *Myotis daubentonii* (Kuhl, 1817) и прудовая *Myotis dasycneme* (Boie, 1825) (см. рис. 7А), бурый ушан *Plecotus auritus* (Linnaeus, 1758) (см. рис. 7Б), северный кожанок *Eptesicus nilssonii* (Keyserling et Blasius, 1839), которые внесены в Красную книгу Республики Башкортостан [2014], а также ночница Брандта *Myotis brandtii* (Eversmann, 1845). Численность летучих мышей

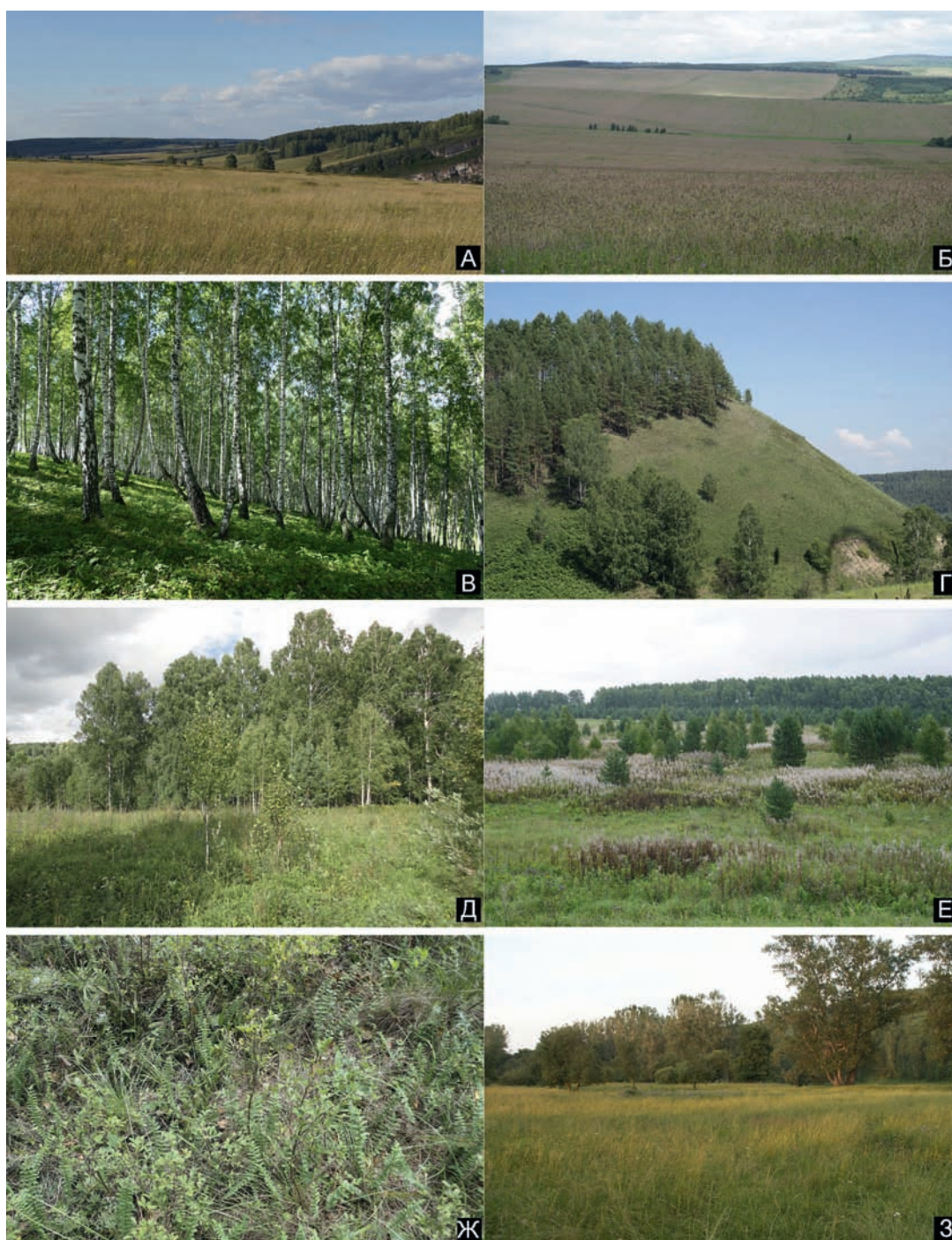


Рис. 2. Растительность территории от устья р. Усть-Канда до с. Янгантау

Условные обозначения: А – сенокосная поляна на левом склоне долины р. Юрюзань в окрестностях с. Малояз; Б – поля на Юрюзано-Айском водоразделе, окрестности д. Урдалы; В – берёзовый лес на горе Кантунтау; Г – берёзово-сосновый лес на возвышенности южнее д. Новые Каратавлы; Д – берёзовый лес и луг в окрестностях д. Кызырбак; Е – зарастающий луг на Юрюзано-Айском водоразделе восточнее д. Урдалы; Ж – остепнённый склон горы Кантунтау; 3 – пойменная растительность левого берега р. Юрюзань около д. Новые Каратавлы. Фото Г. А. Данукаловой (А–В, Д–З), Л. Н. Белан (Г).

Fig. 2. Vegetation of the territory from the mouth of Ust-Kanda River to Yangantau village

Legend: А – hay meadow on the left slope of the Yuryuzan River valley in the vicinity of the Maloyaz village; Б – fields on the Yuryuzan – Ai watershed, in the vicinity of the Urdaly village; В – birch forest on Kantuntau Mount; Г – birch-pine forest on a hill south of the Novye Karatavly village; Д – birch forest and meadow in the vicinity of the village of Kyzyrbak; Е – overgrown meadow on the Yuryuzan – Ai watershed east of Urdaly village; Ж – steppe slope of Kantuntau Mount; 3 – floodplain vegetation of the left bank of Yuryuzan River near the Novye Karatavly village. Photos by G. A. Danukalova (А–В, Д–З), L. N. Belan (Г).



Рис. 3. Редкие виды растений

Условные обозначения: А – кокушник длиннорогий *Gymnadenia conopsea*; Б – лук косой *Allium obliquum*; В – ветреница уральская *Anemone uralensis*; Г – прострел уральский *Pulsatilla uralensis*. Фото П. Г. Полежанкиной.

Fig. 3. Rare plant species

Legend: А – *Gymnadenia conopsea*; Б – *Allium obliquum*; В – *Anemone uralensis*; Г – *Pulsatilla uralensis*. Photos by P. G. Polezhankina.

в Калмакларовской пещере по оценочным данным В. П. Снитко составляла примерно 100 особей. По обилию в Калмакларовской пещере преобладали бурый ушан, водяная ночница и ночница Брандта, а ночницы усатая и прудовая являлись редкими. На зимовке в Калмакларовской пещере П. Г. Полежанкиной были отмечены ночница Наттерера *Myotis nattereri* (одиночная особь, в фев-

рале 2021 г.) и северный кожанок *Eptesicus nilssonii* (до 6 особей; в феврале 2021 г. и марте 2022 г.) (см. рис. 7В, Г). В санатории «Янган-Тау» сотрудниками был встречен двухцветный кожанок *Vespertilio murinus* (Linnaeus, 1758). В некоторых спелеообъектах данной территории (пещера Юлаевская, грот Сосновский) П. Г. Полежанкиной отмечены следы пребывания летучих мышей.

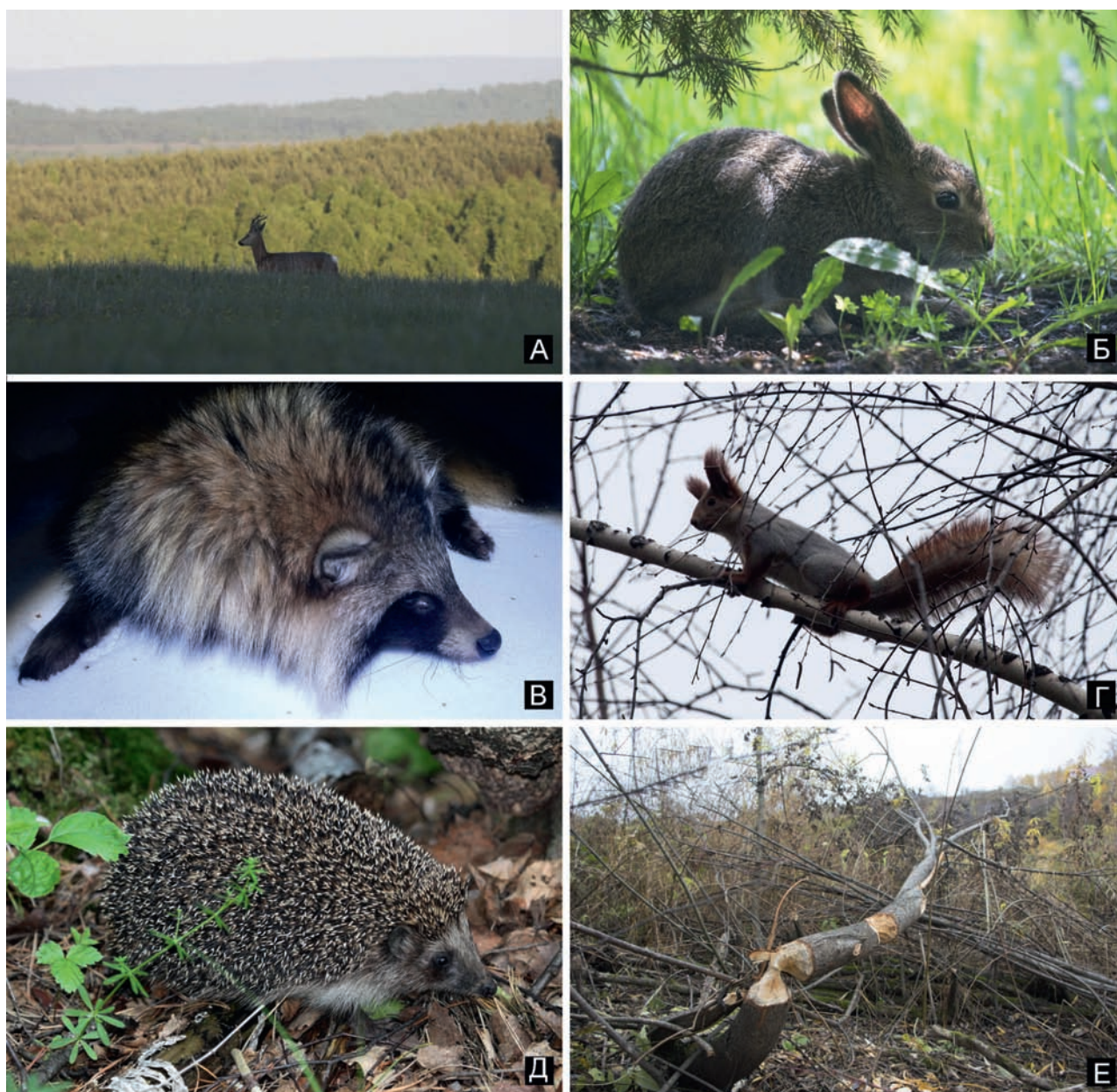


Рис. 4. Млекопитающие

Условные обозначения: А – сибирская косуля *Capreolus pygargus*; Б – заяц-беляк *Lepus timidus*; В – енотовидная собака *Nyctereutes procyonoides*; Г – обыкновенная белка *Sciurus vulgaris*; Д – южный ёж *Erinaceus roumanicus*; Е – погрызы обыкновенного бобра *Castor fiber*. Фото П. Г. Полежанкиной.

Fig. 4. Mammals

Legend: А – *Capreolus pygargus*; Б – *Lepus timidus*; В – *Nyctereutes procyonoides*; Г – *Sciurus vulgaris*; Д – *Erinaceus roumanicus*; Е – Gnaws of *Castor fiber*. Photos by P. G. Polezhankina.



Рис. 5. Птицы

Условные обозначения: А – орлан-белохвост *Haliaeetus albicilla* и ворон *Corvus corax*; Б – сапсан, птенцы *Falco peregrinus*; В – кулик-сорока *Haematopus ostralegus*; Г – белая лазоревка *Parus cyanus*; Д – обыкновенный осоед *Pernis apivorus*; Е – бородатая неясыть *Strix nebulosa*; Ж – серощёкая поганка *Podiceps grisegena*; З – оляпка *Cinclus cinclus*; И – черноголовый чекан *Saxicola torquata*; К – горихвостка-чернушка *Phoenicurus ochruros*. Фото П. Г. Полежанкиной.

Fig. 5. Birds

Legend: А – *Haliaeetus albicilla* and *Corvus corax*; Б – *Falco peregrinus* (chickens); В – *Haematopus ostralegus*; Г – *Parus cyanus*; Д – *Pernis apivorus*; Е – *Strix nebulosa*; Ж – *Podiceps grisegena*; З – *Cinclus cinclus*; И – *Saxicola torquata*; К – *Phoenicurus ochruros*. Photos by P.G. Polezhankina.

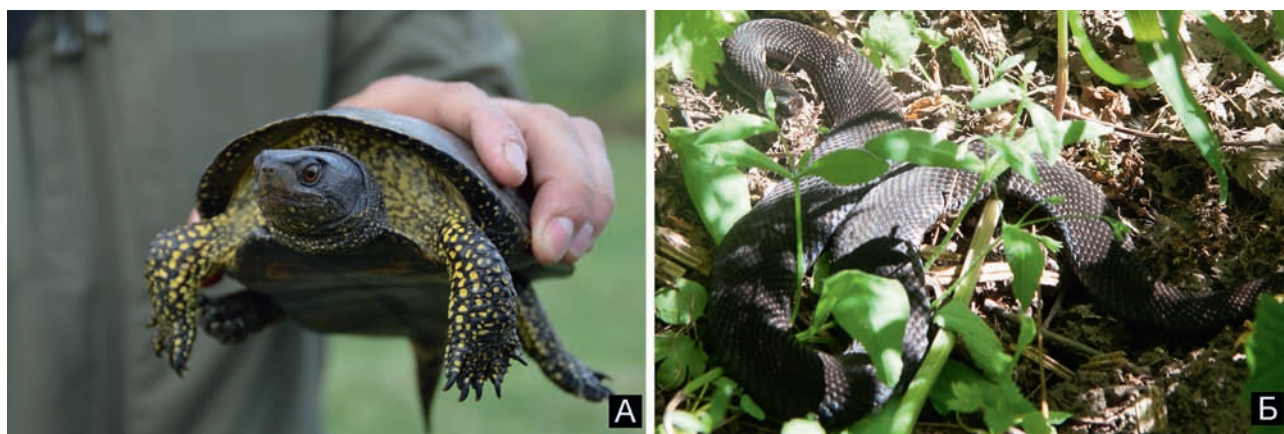


Рис. 6. Пресмыкающиеся

Условные обозначения: А – болотная черепаха *Emys orbicularis*; Б – обыкновенная гадюка *Vipera berus*. Фото П. Г. Полежанкиной.

Fig. 6. Reptiles

Legend: А – *Emys orbicularis*; Б – *Vipera berus*. Photos by P.G. Polezhankina.



Рис. 7. Рукокрылые

Условные обозначения: А – зоолог В.П. Снитько с прудовой ночницей *Myotis dasycneme*; Б – бурый ушан *Plecotus auritus*; В – ночница Наттерера *Myotis nattereri*; Г – северный кожанок *Eptesicus nilssonii*. Фото П. Г. Полежанкиной.

Fig. 7. Bats

Legend: А – zoologist Snytko V.P. with *Myotis dasycneme*; Б – *Plecotus auritus*; В – *Myotis nattereri*; Г – *Eptesicus nilssonii*. Photos by P.G. Polezhankina.

Описание природных объектов от устья р. Усть-Канда до с. Янгантау

На отрезке долины р. Юрюзань от устья р. Усть-Канда до с. Янгантау в правых и левых бортах долины вскрыты породы башкирского

яруса среднего отдела каменноугольной системы и нижнего отдела пермской системы, известны красивые скалы и возвышенности, гидрографические и гидрогеологические (реки, ручьи, родники), карстово-спелеологические (пещеры, гроты, арки) объекты (табл. 2).

Таблица 2 Природные объекты на территории от устья р. Усть-Канда до с. Янгантау
Table 2 Natural monuments on the territory from the mouth of Ust-Kanda River to Yangantau village

№ на рис. 1	Название объекта	Характеристика	Маршрут, рисунок
Геологические разрезы			
1	Разрез башкирского яруса среднего карбона Наси	Обнажение пород в Скале Салавата на правом борту долины р. Юрюзань	Рис. 1 M1 (рис. 24А) M2 (рис. 24Б) M7 (рис. 28)
2	Разрез башкирского яруса среднего карбона Бэлэкэй кая	Обнажение пород в скале Бэлэкэй кая на левом борту долины р. Юрюзань	Рис. 1 M1 (рис. 24А) M7 (рис. 28)
3	Разрез башкирского яруса среднего карбона Кызырбак	Обнажение пород в скале Кызырбак на правом борту долины р. Юрюзань	Рис. 1 M3 (рис. 25А) M7 (рис. 28)
4	Разрез ассельского яруса нижней перми (ахунувская свита) Новые Каратавлы	Карьер на юго-восточном склоне возвышенности на левом борту долины р. Юрюзань	Рис. 1 M7 (рис. 28)
5	Разрез сакмарского яруса нижней перми (ахунувская свита) Кургазак	Карьер на вершине возвышенности на левом борту долины р. Юрюзань южнее гостинично-сервисного комплекса (ГСК) «Кургазак»	Рис. 1 M7 (рис. 28)
6	Разрез сакмарского яруса нижней перми (капысовская свита) Татарский Малояз	Карьер на юго-восточном склоне возвышенности левого борта долины р. Юрюзань западнее с. Татарский Малояз	Рис. 1 M7 (рис. 28)
7	Разрез сакмарского яруса нижней перми (урдалинская свита) Урдалы	Обнажение пород на правом борту долины р. Юрюзань, юго-западнее д. Урдалы	Рис. 1 M5 (рис. 26) M7 (рис. 28)
8	Разрез артинского яруса нижней перми (тандакская свита) Ильтаево	Придорожный карьер на юго-западном подножье горы Кантунтау, юго-восточнее д. Ильтаево, правый борт долины р. Юрюзань	Рис. 1 M5 (рис. 26) M7 (рис. 28)
9	Разрез артинского яруса нижней перми (янгантауская свита) Янгантау	Обнажение пород в правом борту долины р. Юрюзань в подножье возвышенности Янгантау	Рис. 1 M6 (рис. 27) M7 (рис. 28)
Скалы и возвышенности			
1	Скала Салавата	Правый борт долины р. Юрюзань	Рис. 1 M1 (рис. 24А) M2 (рис. 24Б) M7 (рис. 28)
2	Скала Бэлэкэй кая	Левый борт долины р. Юрюзань	Рис. 1 M1 (рис. 24А) M7 (рис. 28)
3	Скала Кызырбак	Правый борт долины р. Юрюзань	Рис. 1 M3 (рис. 25А) M7 (рис. 28)
10	Гора Кантунтау	Левый борт долины р. Юрюзань	Рис. 1 M5 (рис. 26) M7 (рис. 28)
11	Скала горы Сосновка	Правый борт долины р. Юрюзань	Рис. 1 M7 (рис. 28)

№ на рис. 1	Название объекта	Характеристика	Маршрут, рисунок
12	Хребет Каратау	Левый борт долины р. Юрюзань	Рис. 1 М7 (рис. 28)
13	Гора Янгантау	Правый борт долины р. Юрюзань	Рис. 1 М6 (рис. 27) М7 (рис. 28)
Гидрологические и гидрогеологические объекты			
14	Река Юрюзань	От устья р. Усть-Канда до горы Янгантау	Рис. 1 Все маршруты
15	Ручей Йэшэ йылга	Левый приток р. Юрюзань южнее д. Новые Каратавлы	Рис. 1 М7 (рис. 28)
16	Река Наси с левым притоком руч. Владыкин	Правый приток р. Юрюзань у Скалы Салавата	Рис. 1 М1 (рис. 24А) М2 (рис. 24Б)
17	Река Шардалы	Левый приток р. Юрюзань в с. Малояз	Рис. 1 М7 (рис. 28)
18	Река Малояз	Левый приток р. Юрюзань восточнее с. Татарский Малояз	Рис. 1 М7 (рис. 28)
19	Река Лазя	Правый приток р. Юрюзань у д. Кызырбак	Рис. 1 М3 (рис. 25А) М7 (рис. 28)
20	Река Илек	Левый приток р. Юрюзань напротив горы Кантунтау	Рис. 1 М4 (рис. 25Б) М7 (рис. 28)
21	Ручей Урдалы	Правый приток р. Юрюзань в д. Урдалы и д. Мусатово	Рис. 1 М5 (рис. 26) М7 (рис. 28)
P38	Ручей Кургазак	Левый приток р. Юрюзань у д. Комсомол	Рис. 1 М5 (рис. 26) М7 (рис. 28)
22	Болото Надеждинское	Долина р. Шардалы между д. Новая Михайловка и с. Малояз	Рис. 1
23	Болото Ак Чишмэ	Рудимент старицы левого берега долины р. Юрюзань, напротив д. Мусатово	Рис. 1
24	Болото у д. Бычковка	Левый берег долины р. Илек около д. Бычковка	Рис. 1 М4 (рис. 25Б)
25	Болото у д. Комсомол	Рудимент старицы левого берега р. Юрюзань у д. Комсомол	Рис. 1 М7 (рис. 28)
26	Озеро Узункуль	Старица правого берега р. Юрюзань у д. Ильтаево	Рис. 1 М7 (рис. 28)
P1	Родник (8594)	1 км ЮЗ д. Новые Каратавлы, левый борт долины р. Юрюзань, в 4 м от уреза воды	Рис. 1
P2	Родник (8783)	СЗ окраина д. Новые Каратавлы, подножье левого борта долины руч. Йэшэ йылга	Рис. 1
P3	Родник (8782)	1.8 км СЗ д. Новые Каратавлы, подножье левого борта долины руч. Йэшэ йылга	Рис. 1
P4	Родник (8781)	3 км ССЗ д. Новые Каратавлы, верховья руч. Йэшэ йылга	Рис. 1
P5	Родник (8808)	ЮЗ окраина ур. Владыкино, склон долины руч. Владыкин, правый приток р. Наси	Рис. 1
P6	Родник «Сагыйт» (8573)	Западная окраина с. Насибаш, правый борт долины р. Наси	Рис. 1, 183
P7	Родник «Манди»	Центр с. Насибаш, левый берег р. Наси	Рис. 1
P8	Родник «Амирхан»	Центр с. Насибаш, левый берег р. Наси	Рис. 1, 18Ж
P9	Родник (8580)	1.8 км южнее с. Насибаш, подножье правого борта долины руч. Карамалы	Рис. 1
P10	Родник (12)	Восточная окраина д. Калмакларово, правый борт долины р. Юрюзань	Рис. 1

№ на рис. 1	Название объекта	Характеристика	Маршрут, рисунок
P11	Родник (8818)	1 км СВ д. Калмакларово, подножье правого борта долины р. Юрюзань	Рис. 1
P12	Родник (8830)	ЮЗ окраина с. Малояз, правая нпт. руч. Шардалы	Рис. 1
P13	Родник (11)	Северная окраина д. Ново-Михайловка, долина руч. Шардалы	Рис. 1
P14	Родник (8820)	1 км СЗ д. Ново-Михайловка, тальвег лога	Рис. 1
P15	Родник (8821)	1.8 км западнее д. Ново-Михайловка, подножье левого борта долины руч. Шардалы	Рис. 1
P16	Родник (8833)	Южная окраина с. Татарский Малояз, левая нпт. руч. Малояз	Рис. 1
P17	Родник (8816)	1.3 км южнее д. Кызырбак, правый борт долины р. Юрюзань	Рис. 1
P18	Родник (8276)	СВ окраина д. Кызырбак, правый борт долины р. Лазя	Рис. 1
P19	Родник (8275)	0.7 км СВ д. Кызырбак, подножье левого борта долины р. Лазя	Рис. 1
P20	Родник (8274)	2 км ВСВ д. Кызырбак, подножье левого борта долины ручья — левого притока р. Лазя	Рис. 1
P21	Родник (8273)	3.8 км ВСВ д. Кызырбак, подножье правого борта долины ручья — левого притока р. Лазя	Рис. 1
P22	Родник (8272)	4.7 км ВСВ д. Кызырбак, подножье правого борта долины ручья — левого притока р. Лазя	Рис. 1
P23	Родник (8271)	5.1 км ВСВ д. Кызырбак, правый борт лога правого борта долины ручья — левого притока р. Лазя	Рис. 1
P24	Родник (8270)	7.1 км восточнее д. Кызырбак, правый борта долины ручья — левого притока р. Лазя	Рис. 1
P25	Родник «Осбашлы» (8634)	2 км восточнее д. Мусатово, в карстовой воронке левого берега р. Лазя	Рис. 1, 18Г МЗ (рис. 25А)
P26	Родник (8637)	Южная окраина д. Мусатово, правый берег р. Юрюзань	Рис. 1
P27	Родник (8635)	Восточная окраина д. Мусатово, тальвег лога правого берега р. Юрюзань	Рис. 1
P28	Родник «Даян» (8636)	д. Мусатово, правый берег ручья правого борта долины р. Юрюзань	Рис. 1
P29	Родники у протоки	ЮЗ окраина д. Мусатово, два родника у протоки, в основании правого борта долины р. Юрюзань	Рис. 1
P30	Родник (8289)	Центр д. Урдаль, правый склон долины ручья правого берега р. Юрюзань	Рис. 1
P31	Родник (8290)	СВ окраина д. Урдаль, левый борт долины ручья правого берега р. Юрюзань	Рис. 1
P32	Родник (8291)	1.2 км ССВ д. Урдаль, русло и оба борта долины ручья правого берега р. Юрюзань	Рис. 1
P33	Родник (8281)	Центр д. Черепаново, правый борт долины р. Илек, тальвег ложка	Рис. 1
P34	Родник им. Табрика Закирова	Западная окраина д. Черепаново, исток правого притока р. Илек	Рис. 1
P35	Родник «Покров» (8279)	1 км восточнее д. Покровка, подножье правого борта долины р. Илек	Рис. 1, 18В
P36	Родник (8644)	1.3 км СЗ д. Гусевка, тальвег лога левого борта долины руч. Сикияз	Рис. 1
P37	Родник (8642)	2 км СЗ д. Гусевка, правый борт долины руч. Сикияз	Рис. 1
P38	Родник (8677)	0.8 км южнее источника Кургазак, левый берег долины р. Юрюзань	Рис. 1
P39	Родник Кургазак	2.2 км ЮЮВ а/д моста через р. Юрюзань, тальвег лога левого берега р. Юрюзань	Рис. 1 М5 (рис. 26) М7 (рис. 28)
P40	Родник (8793)	1.2 км южнее а/д моста через р. Юрюзань, левый борт долины р. Юрюзань	Рис. 1

№ на рис. 1	Название объекта	Характеристика	Маршрут, рисунок
P41	Родник (8796)	0.8 км южнее а/д моста через р. Юрюзань, левый борт долины р. Юрюзань	Рис. 1
P42	Родник (8795)	0.7 км ЮЮЗ а/д моста через р. Юрюзань, левый борт долины р. Юрюзань	Рис. 1
P43	Родник (8794)	0.7 км южнее а/д моста через р. Юрюзань, левый борт долины р. Юрюзань	Рис. 1
P44	Родник (8293)	1.3 км западнее а/д моста через р. Юрюзань, тальвег лога левого берега р. Юрюзань	Рис. 1
P45	Родник (8673)	100 м выше а/д моста через р. Юрюзань, левый берег р. Юрюзань	Рис. 1 М6 (рис. 27)
P46	Родник «Цинковый источник» (8286)	3 км выше а/д моста через р. Юрюзань, подножье правого борта долины р. Юрюзань	Рис. 1, 18Д
P47	Родник (8284)	1 км выше а/д моста через р. Юрюзань, подножье правого борта долины р. Юрюзань	Рис. 1
P48	Расседоточенные выходы в период половодья	0.6–1 км выше а/д моста через р. Юрюзань, берег р. Юрюзань	Рис. 1
P49	Родник (8283)	250 м выше а/д моста через р. Юрюзань, подножье правого борта долины р. Юрюзань	Рис. 1
Карстово-спелеологические объекты			
П1	Ступенчатый, грот	322 м СС3 устья р. Наси, нижняя часть правого склона долины р. Юрюзань, в Скале Салавата	Рис. 1 М2 (рис. 24Б) М7 (рис. 28)
П2	Лаз, грот	324 м СС3 устья р. Наси, средняя часть правого склона долины р. Юрюзань, в Скале Салавата	Рис. 1 М2 (рис. 24Б) М7 (рис. 28)
П3	Ласточкин хвост, грот	319 м СС3 устья р. Наси, средняя часть правого склона долины р. Юрюзань, в Скале Салавата	Рис. 1 М2 (рис. 24Б) М7 (рис. 28)
П4	Шиповник, грот	264 м СС3 устья р. Наси, средняя часть правого склона долины р. Юрюзань, в Скале Салавата	Рис. 1 М2 (рис. 24Б) М7 (рис. 28)
П5	Широкий, грот	223 м СС3 устья р. Наси, нижняя часть правого склона долины р. Юрюзань, в Скале Салавата	Рис. 1 М2 (рис. 24Б) М7 (рис. 28)
П6	Скальная, пещера	215 м СС3 устья р. Наси, нижняя часть правого склона долины р. Юрюзань, в Скале Салавата	Рис. 1 М2 (рис. 24Б) М7 (рис. 28)
П7	Полынная, пещера	202 м СС3 устья р. Наси, нижняя часть правого склона долины р. Юрюзань, в Скале Салавата	Рис. 1 М2 (рис. 24Б) М7 (рис. 28)
П8	Плоская, пещера	200 м СС3 устья р. Наси, нижняя часть правого склона долины р. Юрюзань, в Скале Салавата	Рис. 1 М2 (рис. 24Б) М7 (рис. 28)
П9	Салавата Юлаева (Юлаевская), пещера	188 м СС3 устья р. Наси, нижняя часть правого склона долины р. Юрюзань, в Скале Салавата	Рис. 1 М2 (рис. 24Б) М7 (рис. 28)
П10	Сквозная, пещера	170 м СС3 устья р. Наси, нижняя часть правого склона долины р. Юрюзань, в Скале Салавата	Рис. 1 М2 (рис. 24Б) М7 (рис. 28)
П11	Уголок, грот	184 м СС3 устья р. Наси, нижняя часть правого склона долины р. Юрюзань, в Скале Салавата	Рис. 1 М2 (рис. 24Б) М7 (рис. 28)
П12	Щель, грот	57 м СС3 устья р. Наси, нижняя часть правого склона долины р. Юрюзань, в Скале Салавата	Рис. 1 М2 (рис. 24Б) М7 (рис. 28)
П13	Плющ, грот	50 м СС3 устья р. Наси, нижняя часть правого склона долины р. Юрюзань, в Скале Салавата	Рис. 1 М2 (рис. 24Б) М7 (рис. 28)

№ на рис. 1	Название объекта	Характеристика	Маршрут, рисунок
П14	Наси, грот	90 м СВ устья р. Наси, верхняя часть правого склона долины р. Наси, в Скале Салавата	Рис. 1 М2 (рис. 24Б) М7 (рис. 28)
П15	Навес, грот	95 м СВ устья р. Наси, средняя часть правого склона долины р. Наси, в Скале Салавата	Рис. 1 М2 (рис. 24Б) М7 (рис. 28)
П16	Калмакларовская (Убежище Салавата), пещера	2.7 км СВ устья р. Наси. СЗ скл. увала, в 0.2 км от дороги Малояз — Насибаш	Рис. 1 М1 (рис. 24А)
П17	Сосновский, грот	2.2 км ВСВ с. Малояз, правый берег р. Юрюзань	Рис. 1 М7 (рис. 28)
П18	Кызырбакская, пещера	4.9 км СВ с. Малояз, правый склон долины р. Юрюзань	Рис. 1 М3 (рис. 25А) М7 (рис. 28)
П19	Кызырбакская 2, пещера	4.9 км СВ с. Малояз, правый склон долины р. Юрюзань	Рис. 1 М3 (рис. 25А) М7 (рис. 28)
Другие объекты			
	Музей Салавата Юлаева в с. Малояз	452490, Салаватский район, с. Малояз, ул. Советская, д. 61а; Телефон: 8 (34777) 2-13-69	М7 (рис. 28)
	Санаторий «Янган-Тау»	452492, Салаватский район, с. Янгантау, ул. Центральная, д. 20 http://www.yangantau.ru/	М7 (рис. 28)
	Форелевая ферма «Лазя»	урочище Старокуркино, д. Кызырбак https://vk.com/fishfarmlazy	М3 (рис. 25А)
	Мараловая ферма	бывш. д. Новокуркино	М3 (рис. 25А)
	Подвесной мост через р. Юрюзань в с. Малояз	с. Малояз	М7 (рис. 28)
	Подвесной мост через р. Юрюзань в д. Комсомол	д. Комсомол	М7 (рис. 28)

Геологические разрезы территории

На характеризуемой территории чётко разделяются Уральская складчатая система и Предуральский краевой прогиб [Геологическая..., 2002].

Западно-Уральская мегазона внешней складчатости Уральской складчатой системы сформирована породами протерозоя (верхний рифей), вендской, девонской и каменноугольной систем (рис. 8).

Наиболее древними породами на характеризуемой территории являются образования верхнего рифея и венда, формирующие осевую часть хребта Каратау (левый борт долины р. Юрюзань) и хребет Башташ (южнее с. Насибаш).

Верхний рифей представлен зильмердакской (RF_3zl), катавской (RF_3kt) и миньярской (RF_3mn) свитами каратауской серии (Мосейчук, Тевелев, 2017ф). В зильмердакской свите на хребте Каратау различают подсвиты: первую (бирьянскую, RF_3zl_1 : песчаники аркозовые и субаркозовые с прослоями конгломератов, гравелитов, алевролитов и аргиллитов), вторую (нугушскую, RF_3zl_2 : алевролиты, аргиллиты, сланцы кварц-серицит-глинистые),

третью (лемезинскую, RF_3zl_2 : песчаники кварцитовидные, кварцевые, прослои алевролитов, аргиллитов) и четвёртую (бедырышинскую, RF_3zl_3 : алевролиты, аргиллиты, прослои карбонатных пород). Вершины хребта (гора Яршагаз, 590.8 м и др.) сложены кварцито-песчаниками лемезинской подсвиты, более устойчивыми к процессам выветривания, чем другие породы. Катавская свита сложена красноцветными глинистыми известняками, миньярская — доломитами и известняками — эти породы можно увидеть в крутом восточном склоне хребта Каратау, обрывающемся слева в долину р. Юрюзань напротив д. Чулпан.

Вендская система представлена басинской свитой (V_2bs) верхнего отдела и бакеевской и урюкской свитами ($V_{1-2}bk-ur$) нерасчленёнными нижне-го-верхнего отделов (Мосейчук, Тевелев, 2017ф). Басинская свита сложена песчаниками, алевролитами и аргиллитами, которые формируют северную периферию хребта Башташ (южнее с. Насибаш), значительно эрозионно расчленённую с абсолютными отметками от 400 до 494 м. Бакеевская и урюкская свиты — это песчаники кварцевые и аркозовые с прослоями конгломератов, алевро-

ролитов и аргиллитов. Эти породы формируют субширотную полосу на южном склоне Каратау с сильно расчленённым денудационно-эрозионным рельефом с абсолютными отметками 406, 416 м.

Породы девона слагают правобережье р. Юрюзань, обрамляя с запада и севера хребет Башташ. Выделяют эмский и эйфельский ярусы нерасчленённые нижнего-среднего девона ($D_{1-2}tk+bs$: такатинская, ваяшкская, вязовская, койвенская и бийская свиты объединённые), живетский ярус, средний девон ($D_2\check{c}s+\check{c}l$: чусовская и чеславская свиты объединённые), живетский-франский ярусы нерасчленённые среднего-верхнего девона ($D_{2-3}p\check{s}+sm$: пашийская, кыновская, саргаевская, мендымская, самсоновская свиты объединённые), франский ярус верхнего девона (D_3or+uk : орловская и усть-катавская свиты), фаменский ярус верхнего девона (D_3zm : зилимская серия) (Мосейчук, Тевелев, 2017ф). Зилимская серия фамена, кроме того, формирует субширотную полосу на южном склоне Каратау южнее венда, где представлена карбонатными породами (известняки).

Отложения каменноугольной системы распространены в подножье южного и северо-восточного склонов Каратау и протягиваются полосой по крайним западным отрогам западного склона Южного Урала — по восточному борту долины р. Юрюзань от пос. Верхняя Лука до д. Кызырбак и далее на восток, между д. Новокуркино и с. Насибаш. Выделяют нижний-средний и верхний отделы. К нижнему-среднему отделам (визейский, серпуховский, башкирский ярусы) относят известняковую толщу нерасчленённую ($C_{1-2}i$) (Мосейчук, Тевелев, 2017ф). Однако, известны геологические разрезы Наси, Бэлэкэй кая и Кызырбак, где чётко идентифицирован башкирский ярус среднего карбона. В разрезе Кызырбак Р.М. Иванова [1995] и Е.И. Кулагина [2018] описали известняки с водорослями, фораминиферами, образующие антиклинальную складку; здесь выделены акавасский и аскынбашский горизонты башкирского яруса (ок. 20 м), перекрытые толщей тёмных аргиллитов. По данным Е.И. Кулагиной, разрез Наси сложен средне- и толстослоистыми органогенными известняками с прослоями кремней акавасского и аскынбашского горизонтов. В известняках встречаются брахиоподы, кораллы, фораминиферы, водоросли. Известняки накопились в мелководном шельфовом морском бассейне в течение башкирского века 323.2–315.2 млн лет назад. К касимовскому ярусу верхнего карбона отнесена куркинская свита (C_3kr), состоящая из песчаников, алевролитов и аргил-

литов с прослоями известняков; такие отложения сравнительно легко подвергаются выветриванию, поэтому они в рельефе выражены понижениями.

Пограничные отложения карбона и перми — новокуркинская свита (C_3-P_1nk) — представлены тонким флишем (аргиллиты, алевролиты, прослой известняков) (Мосейчук, Тевелев, 2017ф). Эти отложения обрамляют известняковую толщу нижнего-среднего карбона, в результате выветривания создавая понижения в рельефе, занятые долинами р.р. Юрюзань и Лазя.

Предуральский краевой прогиб на характеризующей территории представлен Уфимско-Соликамской впадиной [Геологическая..., 2002], заполненной слабонаклонными к западу породами нижней перми (ассельский, сакмарский и артинский ярусы) (рис. 8).

Ассельский ярус представлен ахуновской свитой (P_1ah) — слоистыми известняками с прослоями аргиллитов и алевролитов (Мосейчук, Тевелев, 2017ф); познакомиться с ними можно в придорожном карьере южнее д. Новые Каратавлы и в карьере у ГСК «Кургазак». В известняках встречаются прослой детрита мшанок, фузулинид, криноидей и мелких брахиопод.

Сакмарский ярус встречается в разных фациях, которые выделены в шариповскую ($P_1\check{s}p$), капьсовскую (P_1kp) и урдалинскую (P_1ur) свиты (Мосейчук, Тевелев, 2017ф). Шариповская свита представлена тонким флишем — песчаниками, алевролитами, аргиллитами с прослоями известняков. Свита широко распространена на характеризующей территории — слагает возвышенности левого борта долины р. Юрюзань от д. Новые Каратавлы — с. Малояз до д. Мусатово, а также субширотной полосой по долине р. Илек (с. Гусевка, д. Бычковка). В породах встречаются растительные остатки (придорожный карьер у с. Гусевка у переезда через р. Сикияз, левый приток р. Илек). Капьевская свита — это конгломераты галечные, валунно-галечные, гравелиты, песчано-глинистые осадки, прослой известняков. Породы распространены западнее полосы развития шариповской свиты и западнее долины р. Юрюзань; вскрыты в карьере на возвышенности западнее с. Татарский Малояз. Урдалинская свита состоит из известняков слоистых, окремнелых, глинистых известняков, спонголитов с гравием и галькой кремнистых и вулканогенных пород. Красивое обнажение этих пород известно около д. Урдалы и д. Мусатово на правом борту долины р. Юрюзань.

В артинском ярусе выделяют бальзякскую (P_1bl), янгантаускую (P_1jn), тандакскую (P_1tn)

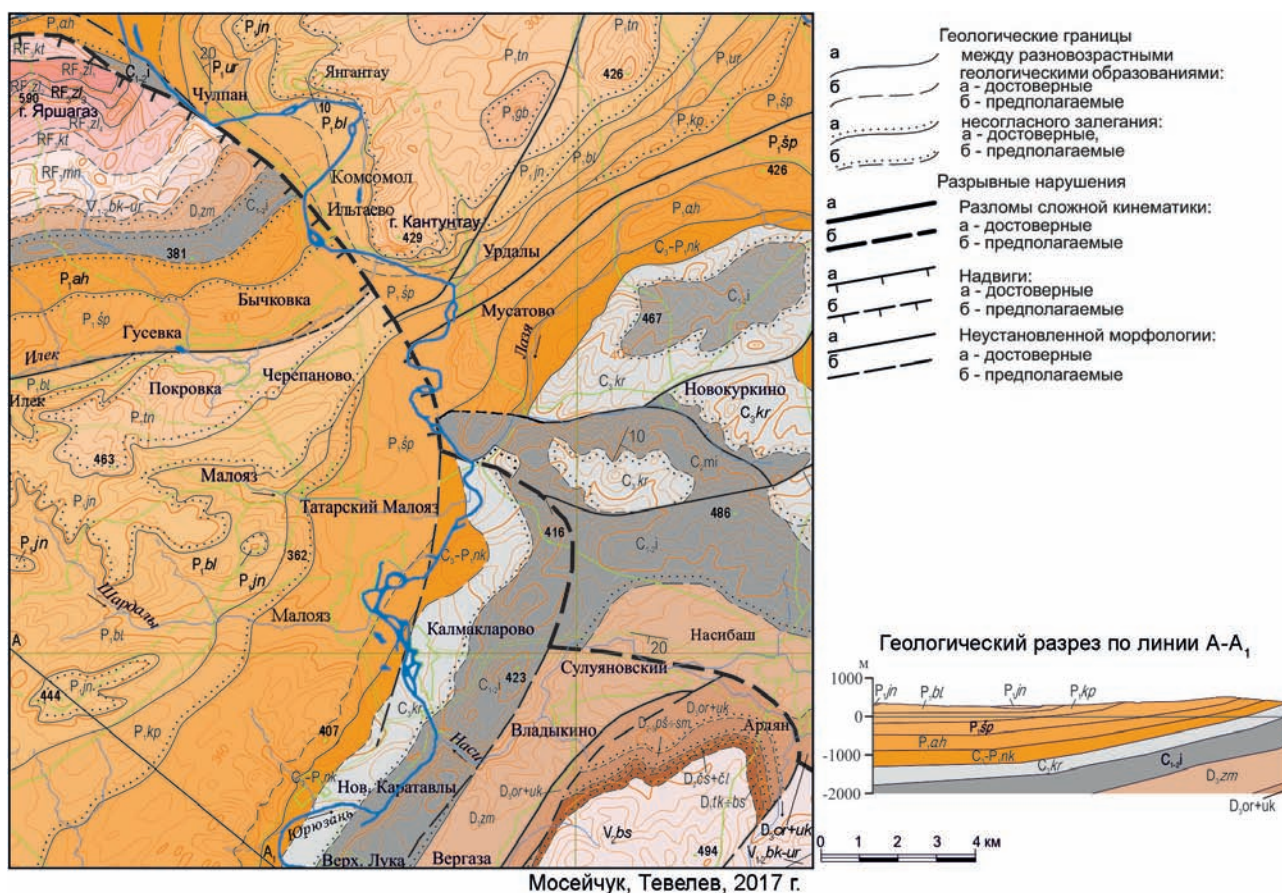


Рис. 8. Фрагмент геологической карты территории (Мосейчук, Тевелев, 2017ф) и геологический разрез по линии А—А1. Пояснения стратиграфических индексов даны в тексте статьи

Fig. 8. Fragment of the geological map of the territory (Moseychuk and Tevelev, 2017f) and geological cross-section along A—A1 line. Explanations for stratigraphical indices are given in the text of the paper directly

и габдрашитовскую (P_{gb}) свиты (Мосейчук, Тевелев, 2017ф). Бальзякская свита сложена известковистыми аргиллитами, плитчатыми мергелями с прослоями песчаников и широко распространена западнее с. Малояз, с. Татарский Малояз и южнее с. Гусевка. Янгантауская свита представлена битуминозными мергелями с линзовидными кремнистыми и известковистыми конкрециями с прослоями песчаников, алевролитов, аргиллитов и известняков. Увидеть породы можно в скальном обрыве возвышенности на правом берегу р. Юрюзань под с. Янгантау. Тандакская свита — это чередование песчано-глинистых пачек с пачками серых органогенно-детритовых известняков. Породы вскрыты в придорожном карьере в окрестностях д. Ильяево, формируют гору Кантунтау, восточную часть горы Янгантау. Габдрашитовская свита — флиш (чередование песчаников, алевролитов, аргиллитов с прослоями известняков, конгломератов, гравелитов).

Возвышенности, скальные обрывы

Наблюдать особенности рельефа лучше со смотровых площадок Скалы Салавата, горы Кантунтау и горы Янгантау, расположенных на правом борту долины р. Юрюзань (рис. 1, 9–13).

Смотровая площадка: Скала Салавата (разрез Наси) (координаты $55^{\circ}09'$ с.ш., $58^{\circ}11'$ в.д.) (рис. 14) находится наверху правого берега р. Юрюзань. С вершины есть два направления обзора: 1) вид на реку Юрюзань в сторону с. Малояз (на северо-восток); 2) вид на р. Юрюзань в сторону д. Новые Каратавлы (на юг и юго-запад).

На смотровой площадке можно наблюдать:

— Скалу Салавата — живописное скальное обнажение, абсолютная высота вершины скалы 404 м, урез воды в р. Юрюзань — 256 м (отметка находится ниже по течению от автомобильного моста через р. Юрюзань). Превышение вершины скалы над урезом воды составляет 148 м.



Рис. 9. Породы башкирского яруса среднего карбона в разрезах Наси (А), Кызырбак (Б) и Бэлэкэй кая (В). Фото Г. А. Данукаловой

Fig. 9. Rocks of the Bashkirian Stage of the Middle Carboniferous in the Nasi (A), Kyzymbak (Б) and Belekei kaya (B) sections. Photos by G. A. Danukalova



Рис. 10. Геологические разрезы ассельского яруса нижней перми Новые Каратавлы (А) и Кургазак (Б).
Фото Э. М. Сатаевой (А) и Ю. В. Соколова (Б)

Fig. 10. Geological sections of the Asselian Stage (Lower Permian) — Novye Karatavly (A) and Kurgazak (B). Photos by E. M. Sataeva (A) and Yu. V. Sokolov (B)



Рис. 11. Геологические разрезы сакмарского яруса Татарский Малояз (А) и Урдаль (Б). Фото Г. А. Данукаловой

Fig. 11. Geological sections of the Sakmarian Stage of the Lower Permian — Tatarsky Maloyaz (A) and Urdaly (Б). Photos by G. A. Danukalova



Рис. 12. Геологические разрезы артинского яруса Ильтаево (А) и Янгантау (Б). Фото Г. А. Данукаловой (А) и П. Г. Полежанкиной (Б)

Fig. 12. Geological sections of the Artinskian Stage — Илтаево (А) and Янгантау (Б). Photos by G. A. Danukalova (А) and P. G. Polezhankina (Б)

Скала известна как геологический разрез Наси, сложена слоистыми органогенными известняками башкирского яруса среднего карбона. Слои прослеживаются также по правому склону долины р. Наси.

— Долину реки Юрюзань. Река сильно меандрирует от моста ниже по течению в сторону д. Калмакларово и с. Малояз, формируя систему проток — стариц — островов, так, что не всегда понятно — где основное русло реки. Во время паводка вся пойма бывает покрыта паводковыми водами. Река имеет характер равнинной реки в стадии зрелости. Наблюдаем проявление эрозионного процесса, который осуществляет река. Выше по течению от Скалы Салавата долина сужена, а ниже по течению от скалы долина реки расширяется и поперечное сечение становится ящикообразным. Днище долины широкое, есть заболоченности. С площадки видны коренные берега, сложенные среднекаменноугольными (башкирский ярус) и нижнепермскими породами (артинский, сакмарский, ассельский ярусы) на левом и правом берегах; река их размывает, образуя своеобразное расширение в долине. Очертания холмов на бортах долины реки округлые в плане, склоны пологие, изрезаны оврагами, это всё сформировалось в результате эрозионных (разрушительных) процессов. Можно наблюдать районный центр — с. Малояз, а также д. Калмакларово, с. Татарский Малояз, д. Новые Каратавлы. Денудационные (эрозионные) формы рельефа — это вертикальные обрывы коренного берега, подмываемого рекой (сама скала), террасы и поймы, аккумулятивные — это острова, отмели по берегам, поймы, террасы.

— Рельеф в целом — эрозионно-аккумулятивный.

Смотровая площадка: Гора Янгантау (координаты 55°17' с.ш., 58°08' в.д.), территория санатория «Янган-Тау», на вершине правого борта долины р. Юрюзань.

На смотровой площадке можно наблюдать:

— Долину р. Юрюзань, которая течёт между хребтом Каратау (левый берег) и пермскими горками на правом берегу, которые она размывает, образуя своеобразное расширение в долине. Что интересно наблюдать — река меняет свое направление от хребта Каратау на левом берегу, перемещаясь к горкам правого берега, на которых расположен санаторий и опять к левому берегу — к хребту Каратау и в бутылочное горло между горой Янгантау и хребтом Каратау вырывается на простор к д. Ахуново и с. Мечетлино. Река имеет характер равнинной

реки в стадии зрелости. Наблюдаем проявление эрозионного процесса, который осуществляет река. Поперечное сечение долины реки ящикообразное, у д. Чулпан становится V-образным. Днище долины широкое, на нём находится большой мощности слой аллювия (речные отложения), есть болота. С площадки видны коренные берега, сложенные пермскими породами на правом берегу и хребет Каратау (протерозой, венд, девон, карбон) на левом берегу, пойма, источник Кургазак, д. Комсомол, д. Ильтаево. Наблюдаются денудационные и аккумулятивные формы рельефа (рис. 15).

— Коренные берега долины реки на правом берегу — это невысокие холмы, покрытые степной растительностью и редкими берёзовыми колками. Абсолютная высота холмов на правом берегу реки около 387 м над уровнем моря, уровень воды в р. Юрюзань — 233 м. Относительная высота холмов — 153 м. Очертания округлые в плане, склоны пологие, изрезаны оврагами, сформировались в результате эрозионных процессов. Холмы сложены нижнепермскими породами, которые хорошо размываются рекой, поэтому долина здесь расширяется. Коренной берег на левом берегу — это хребет Каратау.

— Рельеф в целом — эрозионно-аккумулятивный.

Гидрографические объекты

Река Юрюзань — это основная водная артерия характеризуемой территории. Она является левым притоком р. Уфа, принадлежащей бассейну р. Волга (рис. 16).

Протяжённость р. Юрюзань на характеризуемой территории от устья р. Усть-Канда до автодорожного моста у д. Чулпан составляет около 33 км. Общее направление течения с юга на север по границе пород карбона и перми до устья р. Лазя, затем с юго-востока на северо-запад по региональному разлому, сначала вкрест простирания пород нижней перми до д. Комсомол, в конце вдоль восточных отрогов хр. Каратау, сложенных породами от рифея до карбона. Поперечное сечение реки трапецевидное. В районе д. Чулпан — близкое к треугольному. В плане русло р. Юрюзань извилистое, а восточнее с. Малояз разделяется на рукава, образуя множество островов. Скорость течения составляет 0.5 м/сек. Ширина русла 45–120 м, глубина на бродах 0.8–1.0 м. Абсолютные отметки уреза воды в реке меняются от 260 м (устье р. Усть-Канда) до 240 м (д. Чулпан).



Рис. 13. Хребет Каратау и д. Илтаево (А) и гора Кантунтау (Б). Фото П. Г. Полежанкиной

Fig. 13. Karatau Ridge and Iltaevo village (A) and Kantuntau Mount (B). Photos by P.G. Polezhankina



Рис. 14. Долина р. Юрюзань и окрестности, наблюдаемые со смотровой площадки (красный треугольник) на Скале Салавата (основа — космоснимок Google Earth)

Fig. 14. The Yuryuzan River valley and the surrounding area, observed from the observation area (red triangle) on the Skala Salavata (Riverside cliff) (based on a Google Earth satellite image)



Рис. 15. Долина р. Юрюзань и окрестности, наблюдаемые со смотровой площадки на горе Янгантау (основа — космоснимок Google Earth)

Fig. 15. The Yuryuzan River valley and the surrounding area, observed from the observation area on the Yangantau Mount (based on a Google Earth satellite image)



Рис. 16. Долина реки Юрюзань

Условные обозначения: А – у Скалы Салавата, Б – у д. Мусатово. Фото Г. А. Данукаловой

Fig. 16. Yuryuzan River valley

Legend: А – near Skala Salavata (Riverside cliff), Б – near Musatovo village. Photos by G. A. Danukalova

На отрезке долины р. Юрюзань от устья р. Усть-Канда до с. Янгантау преобладают процессы боковой эрозии: в нижних течениях её притоков и в вершинах излучин реки образуются плёсы; на внутренней стороне излучин образуются береговые (прирусловые) отмели вследствие аккумуляции наносов — аллювия (щебень и дресва). На отмелях р. Юрюзань встречается галька не только палеозойских, но и протерозойских пород, перенесённых рекой с верховьев.

В Юрюзань впадают небольшие реки и ручьи: справа — р. Наси (протяжённость 15 км) с ручьями Владыкин и Карамалы, р. Лазя (9 км) с притоками, руч. Мусатовский; слева — руч. Йэшэ йылга (д. Новые Каратавлы), р. Шардалы (15 км) (с. Малояз) с притоками, р. Малояз (11 км) (с. Татарский Малояз), р. Илек (26 км) с руч.

Сикияз (с. Гусевка), ручей источника Кургазак (д. Комсомол); и небольшие, часто временные водотоки (см. рис. 1, 17).

На территории находятся много родников; наиболее примечательным является родник Кургазак у д. Комсомол (рис. 18). Родники P5, P21, P23 использовались для водоснабжения несуществующих теперь населённых пунктов (Владыкино, Новокуркино, Остроумовка). Родник P31 питает д. Черепановка. Данные о родниках приведены в таблицах 2 и 3. Родники 47–49, 8285, по (Фещенко, Фещенко, 1976ф) утрачены в результате антропогенного воздействия (отсыпка дороги), а на месте родника 8288 проходит скотопрогонная тропа. В период половодий в основаниях склонов и по берегу рек появляется множество малодобитных временных родничков (P48, P29).

Таблица 3 Характеристика родников по (Фещенко, Фещенко, 1976ф)
Table 3 Springs' characteristics [according to (Feshchenko and Feshchenko, 1976f)]

№ на карте	Название / номер родника	Абсолютная отметка / превышение над тальвегом, м	Тип источника, каптаж	Литологический состав и геологический возраст* вмещающих пород	Дебит, л/сек	Температура воды / воздуха, °С	Химический состав по формуле Курлова	Сведения об использовании и режиме
P1	Родник (8594)	260/1	Нисходящий, дериватный**, не каптирован	Сланцы C ₃ -P _{1nk}	0.2	6/18	M _{0,45} HCO ₃ 90 SO ₄ 7 Cl3 Ca63 Mg37 Na3	Не используется, сведений о режиме нет
P2	Родник (8783)	280/0.8	Нисходящий, каптирован срубом	Известняки C ₃ -P _{1nk}	0.8	6/15	M _{0,43} HCO ₃ 95 SO ₄ 4 Cl11 Ca73 Mg18 Na9	Используется для питья, режим постоянный
P3	Родник (8782)	305/0.2	Восходящий, не каптирован	Песчаники P ₁ šp	1.4	7/15	Не опроб.	Не используется, сведений о режиме нет
P4	Родник (8781)	327/0.7	Нисходящий, не каптирован	Песчаники P ₁ šp	0.1	6/13	M _{0,61} HCO ₃ 92 SO ₄ 5 Cl12 Ca64 Mg28 Na8	Не используется, сведений о режиме нет
P5	Родник (8808)	318/10	Нисходящий, не каптирован, огорожен и оборудован 2 трубами	Карбонатные породы D ₃ zm	5	5/21	M _{0,49} HCO ₃ 93 Cl3 SO ₄ 3 Ca79 Mg21	Используется, сведений о режиме нет
P6	Родник (8573)	345/0.5	Нисходящий, каптирован срубом	Известняки D ₃ zm	0.5	9/20	M _{0,64} HCO ₃ 75 Cl16 SO ₄ 6 NO ₃ 2 Ca63 Mg36	Не используется, сведений о режиме нет
P9	Родник (8580)	360/0.5	Нисходящий, не каптирован	Известняки D ₃ or+uk	1.5	7/20	Не опроб.	Сведений нет
P10	Родник (12)	260/3	Нисходящий, не каптирован	Песчаники C ₃ kr	0.5	6.5	Не опроб.	Используется, режим постоянный
P11	Родник (8818)	268/0.2	Нисходящий, дериватный, не каптирован	Аллювиальные отложения aQ	0.1	10/19	Не опроб.	Не используется, сведений о режиме нет
P12	Родник (8830)	266/1.7	Нисходящий дериватный, не каптирован	Сланцы, известняки P ₁ šp	0.1	6/23	M _{0,69} HCO ₃ 90 Cl6 SO ₄ 4 Ca53 Mg42 Na5	Используется редко, режим постоянный

№ на карте	Название / номер родника	Абсолютная отметка / превышение над тальвегом, м	Тип источника, каптаж	Литологический состав и геологический возраст* вмещающих пород	Дебит, л/сек	Температура воды / воздуха, °С	Химический состав по формуле Курлова	Сведения об использовании и режиме
P13	Родник (11)	375/115	Нисходящий, групповой на расстоянии 20 м, каптирован	Песчаники P _{1bl}	1.5	6	Не опроб.	Нет сведений
P14	Родник (8820)	330/45	Нисходящий дериватный, не каптирован	Песчаники и глинистые сланцы P _{1bl}	3	7/18	M _{0,52} HCO ₃ 98 SO ₄ 1 Cl11 Ca72 Mg24 Na4	Используется для водоснабжения, режим постоянный
P15	Родник (8821)	290/5	Нисходящий дериватный, не каптирован	Песчаники полимиктовые P _{1bl}	0.5	6/19	M _{0,55} HCO ₃ 89 SO ₄ 7 Cl4 Ca72 Mg28	Не используется, сведений о режиме нет
P16	Родник (8833)	275/0.8	Нисходящий дериватный, каптирован срубом	Сланцы и песчаники P _{1bl}	0.4	6/10	M _{0,75} HCO ₃ 70 SO ₄ 15 Cl10 NO ₃ 5 Ca49 Mg39 Na+K13	Используется для водоснабжения, сведений о режиме нет
P17	Родник (8816)	254/2.5	Нисходящий, не каптирован	Сланцы глинистые и мергелистые C _{3kr}	0.2	6/15	M _{0,39} HCO ₃ 96 Cl4 Ca76 Mg16 Na8	Не используется, сведений о режиме нет
P18	Родник (8276)	260/2.5	Нисходящий, не каптирован	Известняки C _{1,2i}	1.3	7/23	M _{0,53} HCO ₃ 95 SO ₄ 2 Cl3 Ca71 Mg18 Na11	Используется для водоснабжения, сведений о режиме нет
P19	Родник (8275)	265/1	Нисходящий, оборудован лотком	Известняки C _{1,2i}	1.5	7/23	M _{0,49} HCO ₃ 87 SO ₄ 8 Cl15 Ca62 Mg29 Na+K9	Используется для водоснабжения, режим постоянный
P20	Родник (8274)	287/1.5	Нисходящий, не каптирован	Известняки среднего карбона C _{1,2i}	0.7	7/23	M _{0,46} HCO ₃ 95 SO ₄ 4 Cl11 Ca68 Mg27 Na6	Не используется, сведений о режиме нет
P21	Родник (8273)	320/1.5	Нисходящий, не каптирован	Известняки C _{1,2i}	1.2	5.5/20	M _{0,46} HCO ₃ 93 SO ₄ 4 Cl13 Ca82 Mg14 Na4	Используется для питья, режим постоянный
P22	Родник (8272)	325/0.5	Нисходящий, выложен камнем	Известняки C _{1,2i}	3	5/18	Не опроб.	Используется для водоснабжения, режим постоянный
P23	Родник (8271)	327/3	Нисходящий, каптирован срубом	Известняки C ₃	7	5.5/17	M _{0,5} HCO ₃ 80 SO ₄ 15 Cl15 Ca61 Mg30 Na+K9	Используется для водоснабжения, режим постоянный
P24	Родник (8270)	370/120	Нисходящий, коренной, каптирован, выложен камнем	Известняки C _{1,2i}	1.5	6/19	M _{0,41} HCO ₃ 88 SO ₄ 7 Cl14 NO ₃ 1 Ca70 Mg21 Na+K8	Используется для водоснабжения, режим постоянный
P25	Родник (8634)	310/5	Нисходящий, рассредоточенный (4 выхода), не каптирован	Известняки P _{1ah}	12	5.5/18	M _{0,44} HCO ₃ 88 SO ₄ 6 Cl15 NO ₃ 1 Ca72 Mg18 Na+K10	Используется на полевом стане, режим постоянный

№ на карте	Название / номер родника	Абсолютная отметка / превышение над тальвегом, м	Тип источника, каптаж	Литологический состав и геологический возраст* вмещающих пород	Дебит, л/сек	Температура воды / воздуха, °С	Химический состав по формуле Курлова	Сведения об использовании и режиме
P26	Родник (8637)	260/20	Нисходящий, каптирован срубом	Глинистые сланцы и песчаники $P_{1\delta p}$	0.1	7/19	Не опроб.	Используется для водоснабжения, сведений о режиме нет
P27	Родник (8635)	310/70	Нисходящий, каптирован срубом, оборудован желобами	Сланцы и известняки $P_{1\delta p}$	0.3	6/18	$M_{0,46}$ $\frac{HCO_3,90 SO_4,6 Cl_3}{Ca70 Mg26 Na+K4}$	Используется для водопоя скота, режим постоянный
P28	Родник (8636)	260/20	Нисходящий, каптирован металлической трубой	Песчаники P_{1ur}	0.2	7/19	$M_{0,66}$ $\frac{HCO_3,90 Cl_6 SO_4,4}{Ca79 Mg21}$	Используется для водоснабжения, сведений о режиме нет
P29***	Родник (8288)	255/9	Нисходящий, не каптирован	Песчаники и сланцы P_{1bl}	0.02	6/20	$M_{0,63}$ $\frac{HCO_3,83 SO_4,9 Cl_7}{Ca65 Mg34 Na+K1}$	Не используется, сведений о режиме нет
P30	Родник (8289)	280/1	Нисходящий, каптирован срубом	Сланцы и песчаники P_{1bl}	0.1	7/23	$M_{0,72}$ $\frac{HCO_3,77 SO_4,16 Cl_6 NO_3,1}{Ca73 Mg25 Na+K1}$	Используется для водоснабжения, режим постоянный
P31	Родник (8290)	285/0.1	Нисходящий, не каптирован	Мергели и сланцы P_{1jan}	0.2	7/23	$M_{0,48}$ $\frac{HCO_3,83 SO_4,14 Cl_3}{Ca72 Mg22 Na+K6}$ уран, радон	Используется для водоснабжения, сведений о режиме нет
P32	Родник (8291)	290/0.1	Нисходящий, рассредоточенный, не каптирован	Известняки P_{1tn}	1	8/22	$M_{0,53}$ $\frac{HCO_3,86 SO_4,11 Cl_3}{Ca68 Mg28 Na+K4}$	Не используется, сведений о режиме нет
P33	Родник (8281)	270/10	Нисходящий, не каптирован	Песчаники P_{1bl}	12	6/21	$M_{0,6}$ $\frac{HCO_3,86 SO_4,11 Cl_3}{Ca69 Mg27 Na+K4}$	Используется для водоснабжения
P35	Родник (8279)	265/1.5	Нисходящий, образовано водохранилище	Песчаники P_{1bl}	3.5	5/21	$M_{0,54}$ $\frac{HCO_3,95 SO_4,4 Cl_5}{Ca75 Mg37}$	Используется для водоснабжения МТФ
P36	Родник (8644)	300/1	Нисходящий, дериватный, не каптирован	Сланцы $P_{1\delta p}$	0.4	7/24	$M_{0,50}$ $\frac{HCO_3,89 Cl_8 SO_4,3}{Ca79 Mg18 Na3}$	Не используется, сведений о режиме нет
P37	Родник (8642)	303/3	Нисходящий, оборудован трубой и лотком	Сланцы $P_{1\delta p}$	0.3	7/25	$M_{0,49}$ $\frac{HCO_3,96 Cl_3 SO_4,1}{Ca70 Mg18 Na11}$	Используется, сведений о режиме нет
P38	Родник (8677)	250/4	Нисходящий, не каптирован	Супесь, гравий аQ	1.0	8/19	$M_{0,45}$ $\frac{HCO_3,91 SO_4,6 Cl_3}{Ca73 Mg17 Na9}$	Сведений о использовании и режиме нет
P40	Родник (8793)	270/30	Нисходящий, не каптирован	Известняки C_{1-2i}	3.5	7/17	$M_{0,56}$ $\frac{HCO_3,95 Cl_3 SO_4,2}{Ca63 Mg31 Na16}$	Не используется, сведений о режиме нет
P41	Родник (8796)	270/30	Нисходящий, не каптирован	Песчаники $V_{1-2}bk-ur$	0.02	11/24	Не опроб.	Не используется, сведений о режиме нет
P42	Родник (8795)	255/10	Нисходящий, не каптирован	Известняки D_3zm	12	10/18	$M_{0,56}$ $\frac{HCO_3,85 Cl_{12} SO_4,3}{Ca56 Mg44}$	Не используется, сведений о режиме нет
P43	Родник (8794)	255/10	Нисходящий, не каптирован	Известняки D_3zm	0.2	10/18	$M_{0,52}$ $\frac{HCO_3,90 Cl_8 SO_4,2}{Ca55 Mg45}$	Не используется, сведений о режиме нет

№ на карте	Название / номер родника	Абсолютная отметка / превышение над тальвегом, м	Тип источника, каптаж	Литологический состав и геологический возраст* вмещающих пород	Дебит, л/сек	Температура воды / воздуха, °С	Химический состав по формуле Курлова	Сведения об использовании и режиме
P44	Родник (8293)	260/10	Нисходящий, не каптирован	Известняки RF _{3mn}	0.4	7/14	M _{0,48} HCO ₃ 98 SO ₄ 3 Cl13 Ca58 Mg42	Не используется, сведений о режиме нет
P45	Родник (8673)	260/0.3	Нисходящий, не каптирован	Суглинки, супесь, гравий aQ	0.001	11/13.5	Не опроб.	Сведений о использовании и режиме нет
P46	Родник (8286)	242/1	Нисходящий, не каптирован	Песчаники P _{1tn}	0.05	6/18	M _{0,76} HCO ₃ 59 SO ₄ 39 Cl12 Ca62 Mg29 Na+K9 H ₂ S 0.0028 г/л	Не используется, сведений о режиме нет
***	Родник (47-48)	253/4	Нисходящий, не каптирован	Мергели P _{1jan}	0.05	6.5	M _{0,71} HCO ₃ 73 SO ₄ 15 Cl12 Ca57 Mg26 Na17 H ₂ S 0.0037 г/л	Режим не постоянный
***	Родник (8285)	242/0.5	Нисходящий, не каптирован	Мергели P _{1jan}	0.5	6/18	M _{0,63} HCO ₃ 68 SO ₄ 29 Cl12 Ca69 Mg24 Na+K7 H ₂ S 0.0028 г/л	Не используется, сведений о режиме нет
P47	Родник (8284)	240/0.2	Нисходящий, не каптирован	Песчаники и мергели P _{1jan}	0.2	6,5/16	M _{0,56} HCO ₃ 88 SO ₄ 9 Cl13 Ca77 Mg20 Na+K3	Не используется, нет сведений
P49	Родник (8283)	240/0.3	Нисходящий, не каптирован	Песчаники и мергели P _{1jan}	0.15	6/15	M _{0,49} HCO ₃ 87 SO ₄ 10 Cl13 Ca70 Mg29 Na+K1	Не используется, нет сведений

Примечания. * см. раздел «Геологические разрезы»;

** – Дериватный – источник, отделившийся от главного источника, часто изменяющий свои физические и химические особенности вследствие примеси других вод. Обычно термин применяется к минеральным источникам (https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_geolog/);

*** – Родники утрачены при антропогенном вмешательстве.

Notes. * – see section «Geological sections»;

** – Derivative – a source separated from the main source, often changing its physical and chemical characteristics due to the admixture of other waters. Usually the term is applied to mineral springs (https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_geolog/);

*** – Springs were lost due to anthropogenic intervention.

На территории развиты низинные старичные и низинные склоновые болота. Старичные болота образуются при заливании и зарастании стариц. Они подпитываются аллювиальными водами и, иногда, паводковыми водами реки. К ним относятся болота: Ак Чишмэ, у д. Бычковка, у д. Комсомол. Склоновые болота образуются в суффозионных депрессиях выклинивающимися грунтовыми водами. Они часто являются истоками ручьев и малых рек. К этому типу относится Надеждинское болото. Болота обогащают атмосферу кислородом, смягчают температуру воздуха и увлажняют его, регулируют объем воды в реках, являются резерватом растений и животных, а также хранят данные об истории развития растительности и динамике климата территории, начиная с голоцена (рис. 19).

Спелеологические объекты

Всего на характеризуемой территории выявлено 19 спелеологических объектов (табл. 1, см. рис. 1). Пещеру Кызырбакскую впервые в 1770 г. описал П. С. Паллас [1786]. Пещера Калмакларовская обследована в 1971 г. В. И. Мартиным. Пещеру Салавата Юлаева исследовал в 1975 г. отряд уфимских школьников под руководством В. А. Марушина. Эти и остальные спелеологические объекты обследованы в 2021–2023 гг. авторами с участием М. Ю. Малышевой, Е. Л. Пименовой, Ш. И. Муслухова [Соколов, 2023].

Большинство спелеологических объектов сосредоточено в Скале Салавата (рис. 20), в известняках башкирского яруса карбона. Среди них



Рис. 17. Долины р. Наси (А), р. Илек (Б), р. Малояз (В), р. Лазя (Г), р. Урдаль (Д) в нижних течениях. Фото Г. А. Данукаловой (А, В, Г) и П. Г. Полежанкиной (Б, Д)

Fig. 17. Nasi (A), Ilek (B), Maloyaz (B), Lazya (Г) and Urdaly (Д) Rivers's valleys in the lower streams. Photos by G. A. Danukalova (A, B, Г) and P.G. Polezhankina (Б, Д)



Рис. 18. Родники

Условные обозначения: А, Б – родник Кургазак; В – родник «Покров» у д. Покровка (8279); Г – родник «Осбашлы» (8634); Д – родник «Цинковый источник» (8286); Е – родник «Даян» (8636) в д. Мусатово; Ж – родник «Амирхан» в с. Насибаш; 3 – родник «Сагыйт» (8573) в с. Насибаш. Фото Г. А. Данукаловой (А–Г), П. Г. Полежанкиной (Д–3)

Fig. 18. Springs

Legend: А, Б – Kurgazak spring; В – Spring near Pokrovka village (8279); Г – Osbashly spring (8634); Д – Zink spring (8286); Е – Dayan spring (8636) in Musatovo village; Ж – Amirkhan spring in Nasibash village; 3 – Sagyit spring (8573) in Nasibash village. Photos by G. A. Danukalova (А–Г) and P. G. Polezhankina (Д–3)

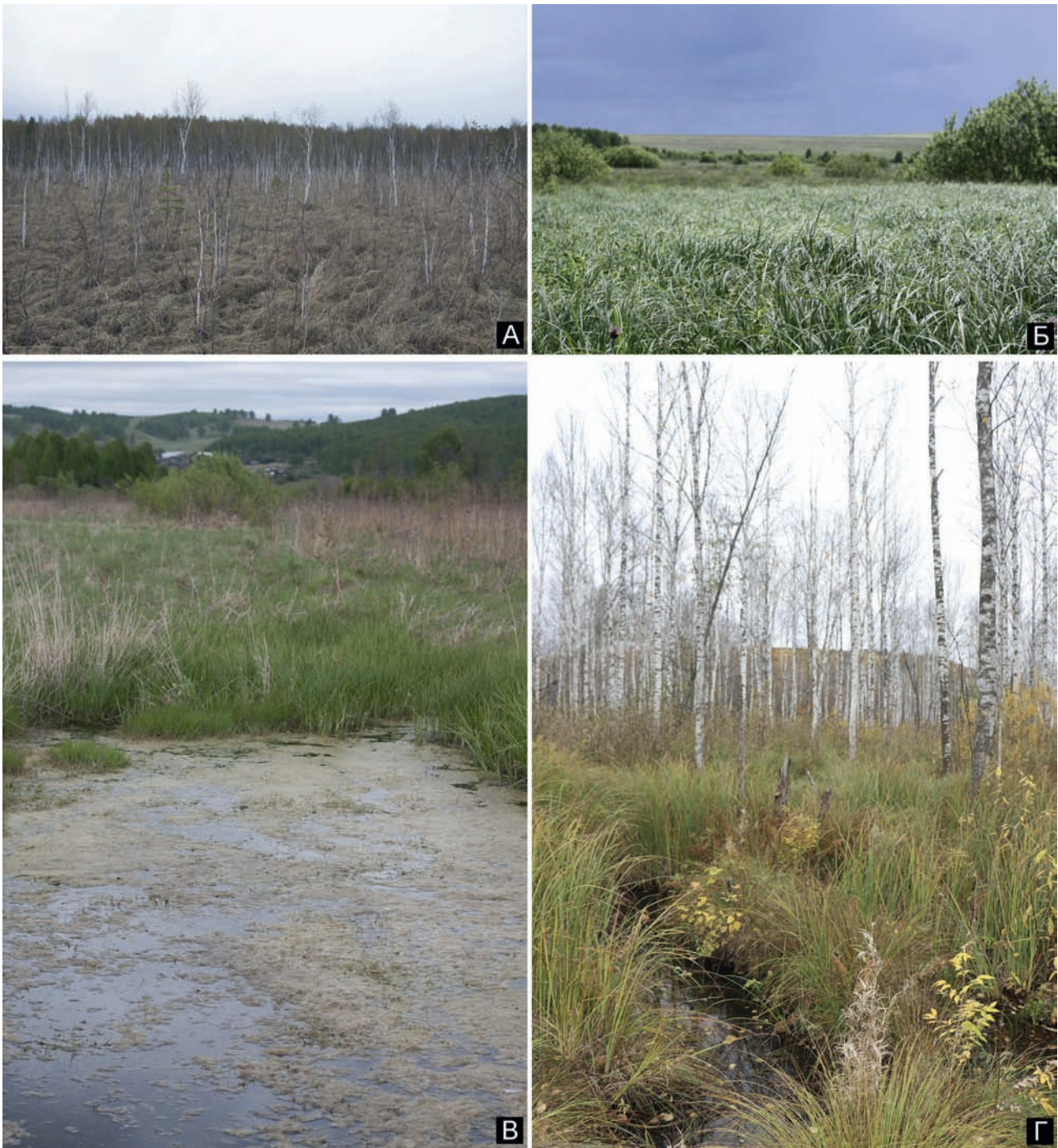


Рис. 19. Болота

Условные обозначения: А – Надеждинское болото; Б – болото у д. Бычковка; В – болото Ак Чишмэ; Г – болото у д. Комсомол.
 Фото П. Г. Полежанкиной

Fig. 19. Swamps

Legend: А – Nadezhdinskoe swamp; Б – swamp near village Bychkovka; В – Ak Chishme swamp; Г – swamp near Komsomol village.
 Photos by P. G. Polezhankina

самая протяжённая пещера — **Салавата Юлаева** (Юлаевская). Она находится в центральной части скалы на высоте 10 м (270 абс. м). От входного грота 7.4×5.5 м (ширина, высота), глубиной 4 м вглубь массива отходят два параллельных горизонтальных хода, соединяющихся через 12 м и продолжающихся широким (3–5 м) низким (0.3–1.4 м) выклинивающимся ходом. Ход развит по простиранию горных пород. Пол хода в начале покрыт суглинком и щебнем, в средней части — глыбами диаметром до 1.5 м, и в конце — глиной. В северо-западной стене хода имеются два слабонаклонных вниз лаза протяжённостью до 4 м с отложениями глины на полу. От входа в пещеру, над её основным ходом, идёт слабонаклонный вверх лаз длиной 9 м с глиной на полу. Ещё один лаз уходит круто вверх по секущей ход трещине в конце пещеры, стены этого лаза покрывает пещерное молоко (мондмилх), потолок выполняет коричневая глина с включениями хорошо окатанной гальки, заполнившая трещину. Пещера холодная и сырая. Протяжённость пещеры — 78 м, амплитуда — 6 м, площадь — 257 м², объём — 247 м³.

В суглинке входного грота пещеры обнаружен культурный слой раннего железа: угольки, кости со следами обработки, орнаментированная керамика, кости бурого медведя, лося, овцы, лисицы и грызунов (Губайдуллина, 1981ф). В. Н. Широков [2009] описал в привходовой части пещеры 6 групп палеолитических рисунков, в том числе: полукруг с вписанными в него линиями, антропоморфная фигура, копытное животное и животное без головы, крест, геометрические мотивы. Кости на полу пещеры принадлежат лошади, ондатре, птицам (определение П. А. Косинцева, 2022 г.).

В летний сезон 2020 г. в пещере Салавата Юлаева выводила потомство обыкновенная лисица *Vulpes vulpes* (наблюдатель П. Г. Полежанкина).

Ниже по течению реки и уровню, по той же трещине напластования что и пещера Салавата Юлаева, находятся пещера Плоская и Широкий грот.

Пещера **Плоская** начинается обширным гротом (6.3×1.6×2.2 м) на высоте 8 м (268 абс. м) над рекой. Вглубь скалы идут два широких лаза, соединяющихся на расстоянии 4 м от входа лазом, развитым параллельно склону (см. рис. 20Д). В южной части имеется отдельный выход (1.6×0.3 м) на скальную полку. Из непроходимой щели в юго-восточной части пещеры наблюдается приток холодного воздуха. Пол пещеры скальный в привходовых частях и покрыт суглинком вдоль

стен. В нижней части стен пещеры прослеживается пачка (мощностью 0.4 м) мелкослоистых (5–8 см) известняков с прослоем кремня мощностью от 4 до 15 см. Протяжённость пещеры — 20 м, амплитуда — 2 м, площадь — 52 м², объём — 29 м³.

Широкий грот — самая грандиозная карстовая форма Скалы Салавата. Его ширина 17.8 м, высота скального навеса от уровня воды в р. Юрюзань до 8 м, максимальная глубина от входа 6 м (см. рис. 20Г). Пол грота наклонен с юго-востока на северо-запад под углом 20°, он хорошо отшлифован паводковыми водами. Наносы глины имеются только в северной, наиболее пониженной части грота, и в глубине грота. Площадь грота — 46 м², объём — 55 м³. На передней нависающей части восточной стены грота на высоте до 5.7 м от воды В. Н. Широковым [2009] описаны палеолитические рисунки в виде рядов вертикально ориентированных зигзагообразных линий, выполненных красной краской различных оттенков (см. рис. 20В).

Пещера **Скальная** находится в 6 м выше Широкого грота (273 абс. м), над южным его окончанием. Лаз с небольшим ответвлением углубляется в скалу на 4 м и поворачивает по трещине параллельной склону. На полу камни, щебень, глина, остатки трапезы хищных птиц. Протяжённость пещеры — 4 м, амплитуда — 1 м, площадь — 3 м², объём — 2 м³.

Пещера **Полынная** находится в 13 м южнее Скальной, над северным краем входа в пещеру Плоская (277 абс. м). Лаз квадратного сечения углубляется в скалу на 4 м и переходит в параллельную склону трещину. На полу камни, глина, кости и перья птиц. Протяжённость пещеры — 4 м, амплитуда — 1 м, площадь — 2 м², объём — 2 м³.

Грот **Ступенчатый** находится в северном окончании Скалы Салавата, в пласте среднеслоистых известняков. Грот наклонно поднимается по основанию скального уступа вдоль осыпи склона, от уровня воды в р. Юрюзань до высоты 10 м (по полу). Ширина грота — 20.6 м, амплитуда — 12 м, площадь — 63 м², объём — 190 м³. Потолок грота высотой до 4.2 м, в отличие от почти ровного наклонного пола, ступенчатый по трещинам напластования (см. рис. 20Б). Грот вымыт речными водами. На полу глыбы (до 2.5 м в поперечнике), камни, щебень, суглинки (вдоль стен и в нижней части грота), а также кости косули, козы, зайца, ондатры, хомяка и птиц (определение П. А. Косинцева, 2022 г.).

Над Ступенчатым гротом находятся небольшие гроты **Лаз** (3×1×2 м) (ширина, высота, глубина)



Рис. 20. Спелеобъекты Скалы Салавата

Условные обозначения: А – расположение спелеобъектов: гроты: 1 – Ступенчатый, 2 – Лаз, 3 – Ласточкин хвост, 4 – Шиповник, 5 – Широкий, 11 – Уголок, 12 – Щель, 13 – Плющ; пещеры: 6 – Скальная, 7 – Полынная, 8 – Плоская, 9 – Салавата Юлаева, 10 – Сквозная; Б – грот Ступенчатый; В – рисунки над гротом Широкий; Г – грот Широкий; Д – пещера Плоская. Фото Ю. В. Соколова (А, Б), П. Г. Полежанкиной (В, Г) и Ш. И. Муслухова (Д)

Fig. 20. Speleological objects of the Skala Salavata (Riverside cliff)

Legend: A – location of speleological objects: grottoes: 1 – Stupenchaty (Stepped), 2 – Laz (Manhole), 3 – Lastochkin Khvost (Dovetail), 4 – Shipovnik (Rosehip), 5 – Shirokiy (Wide), 11 – Ugolok (Corner), 12 – Szhel (Crevice), 13 – Plyuszh (Ivy); caves: 6 – Skalnaya (Rocky), 7 – Polynnaya (Artemisia), 8 – Ploskaya (Flatted), 9 – Salavata Yulaeva, 10 – Skvoznaya (End-to-end); Б – Stupenchatyi (Stepped) Grotto; В – drawings above the Shirokiy Grotto; Г – Shirokiy Grotto; Д – Ploskaya Cave. Photos by Yu. V. Sokolov (A, B), P.G. Polezhankina (B, G) and Sh.I. Muslukhov (D)

и **Ласточкин хвост** (1×1.5×1.5 м), образованные силами выветривания в пачке мелкослоистых (4–8 см) известняков. Свод грота Ласточкин хвост разбит вертикальной трещиной, по которой грот ориентирован. Пол обоих гротов сложен щебнем.

Грот **Шиповник** находится в той же пачке среднеслоистых известняков, что и нижняя часть Ступенчатого грота, на высоте 28 м (288 абс. м) над уровнем реки. Северная часть образована по секущей пласт вертикальной трещине, южная вымыта речными водами по трещинам напластования. На полу щебень, ближе к входу — суглинок. Ширина грота — 7.2 м, амплитуда — 3 м, глубина — 2.5 м, площадь — 8 м², объём — 14 м³.

На 10 м ниже от пещеры Салавата Юлаева на уровне воды находится небольшой грот **Уголок** (1.5×2×1.5 м). Грот формируется в настоящее время. Его пол находится ниже уровня воды в р. Юрюзань, стены отшлифованы речными водами и льдом.

В 14 м вверх по течению р. Юрюзань и вверх по осыпи от грота Уголок находится единственная на Скале Салавата гравитационная пещера **Сквозная**. Высота над уровнем реки 4 м (264 абс. м). Пещера образовалась при обрушении с высоты 6 м карниза над неизвестной полостью (возможно, грота). Пол пещеры ровный, из суглинка и щебня с включениями камней. Левая северная коренная стена пещеры отшлифована речными водами. Правая — представлена монолитной глыбой. Заканчивается пещера глыбовым завалом. В потолке между глыб зияют два выхода на поверхность. Протяжённость пещеры — 12 м, амплитуда — 4 м, площадь — 12 м², объём — 14 м³.

В южной части западного склона Скалы Салавата на высотах 7 м и 5 м от уровня реки находятся два небольших грота **Щель** (2×1×2 м) и **Плющ** (1.4×1×1.4 м). Оба грота заложены в мало-мощных (0.4 м) пачках мелкослоистых известняков по трещинам напластования. На полу щебень, суглинок. Грот Плющ ежегодно подтапливается паводковыми водами.

На южном склоне Скалы Салавата, обращённом к р. Наси, находятся два грота.

Грот **Наси** (2.5×5×4 м) находится в верхней части скалы (320 абс. м). Он образован по вертикальной трещине в среднеслоистых известняках поступающими из массива водами и преобразован в результате выветривания.

Грот **Навес** (8×2×1.5 м) находится в средней части скалы (285 абс. м). Он развит силами выветривания по трещинам напластования в пачке

мелкослоистых известняков. На полу грота камни, щебень, суглинок.

В 2 км северо-западнее Скалы Салавата на склоне того же увала в 200 м от дороги Малояз — Насибаш находится пещера **Калмакларовская** (Убежище Салавата) (350 абс. м). Пещера начинается колодцем шириной 3.6×2.2 м, глубиной 7 м (рис. 21). На дне колодца до середины лета сохраняется снег. Со дна колодца идёт слабонаклонный вниз коридор, от которого отходит горизонтальный ход длиной 24 м. На полу глыбы, кости кабана, енотовидной собаки, овцы. Зимуют летучие мыши. По преданиям в пещере скрывался Салават Юлаев. Пещеру исследовали в 1770 г. П. С. Паллас, в 1971 г. В. И. Мартин, в 1975 г. В. А. Марушин, в 2021 г. П. Г. Полежанкина. Протяжённость пещеры — 54 м, амплитуда — 11 м, объём — 311 м³.

В 3.6 км севернее моста через р. Юрюзань автодороги Малояз — Насибаш в нижней части правого склона долины реки (271 абс. м) в среднеслоистых известняках башкирского яруса среднего карбона, слагающих гору Сосновка, находится **Сосновский** грот (5×5×3 м), образованный силами выветривания по трещинам разгрузки (рис. 22).

6.6 км севернее моста через р. Юрюзань автодороги Малояз — Насибаш на правом скалистом берегу в 0.5 км западнее д. Кызырбак находится пещера **Кызырбакская 1**. Пещера заложена в светло-серых толстослоистых известняках башкирского яруса среднего карбона с азимутом падения 128° и углом падения 37°. Её вход в виде арки 4.3×2.4 м хорошо виден с воды на высоте 30 м (280 абс. м) (рис. 23А, Б). От входа идёт слабонаклонный вверх коридор, переходящий в ход. На полу у входа почва, затем суглинок, щебень. В пещере сухо. В отложениях пола обнаружены пять каменных и одно костяное изделие времён палеолита [Широков, 2009]. Пещера является археологическим памятником регионального значения. Протяжённость пещеры — 14 м, амплитуда — 3 м, объём — 34 м³. Пещеру исследовали в 1770 г. П. С. Паллас, в 1972 г. Н. Матюшин и В. П. Сухов, в 2021 г. Ю. В. Соколов и П. Г. Полежанкина.

Пещера **Кызырбакская 2** находится в том же массиве на высоте 6 м над уровнем р. Юрюзань (256 абс. м). Это сквозной ход шириной 1.5–1.9 м, высотой 0.8 м, длиной 6 м, пол которого сплошь покрыт сухим козым помётом (см. рис. 23В, Г). Пещера обследована Ю. В. Соколовым в 2021 г. Пещеры и гроты характеризуемого участка правобережья р. Юрюзань — особенный компонент

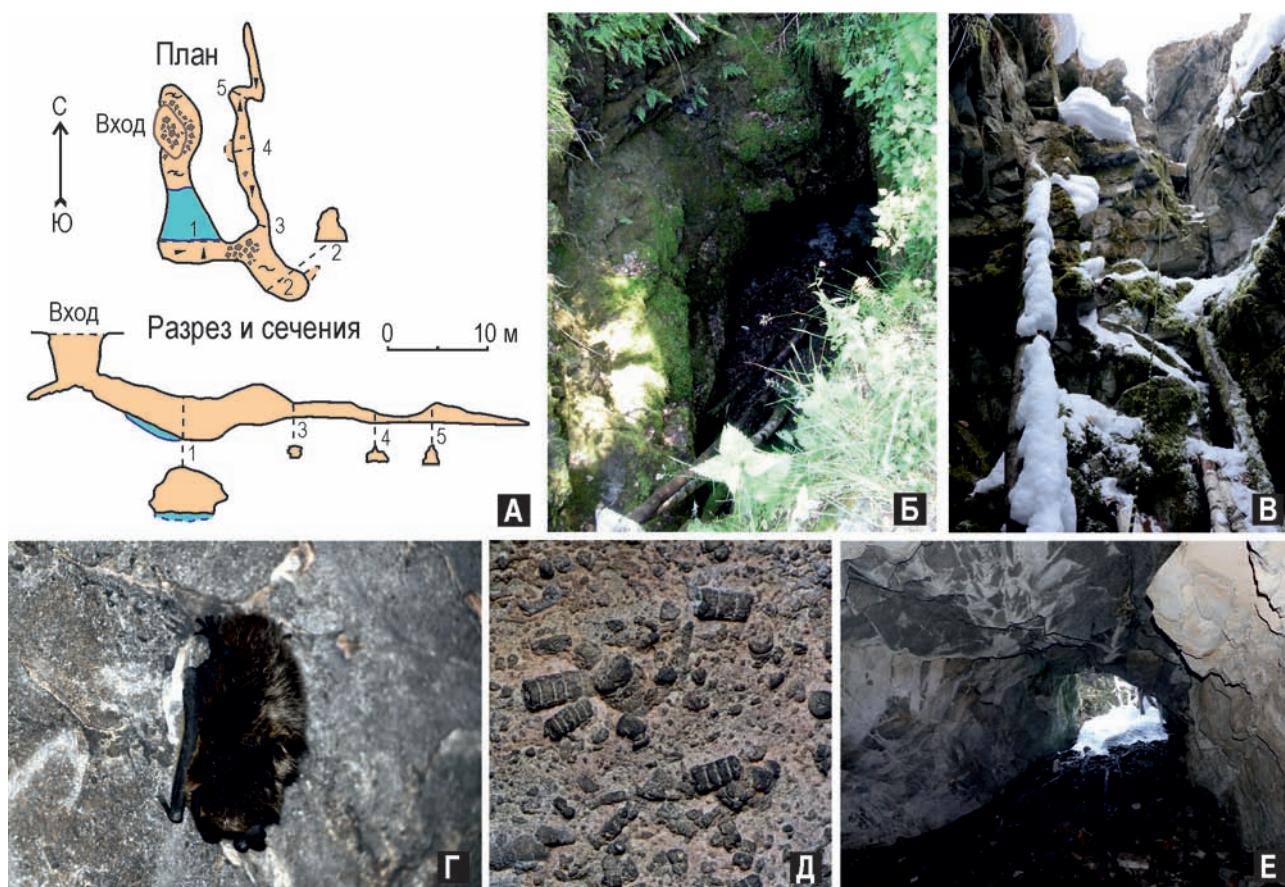


Рис. 21. Пещера Калмакларовская

Условные обозначения: А – план, разрез и сечения (по В. И. Мартину, 1971 г.); Б – входной колодец летом; В – входной колодец зимой; Г – *Eptesicus nilssonii* 18.02.2021; Д – палеонтологические остатки (фрагменты стеблей криноидей) в стенах; Е – коридор. Фото Ю. В. Соколова (Б), П. Г. Полежанкиной (В – Е)

Fig. 21. Kalmaklarovskaya Cave

Legend: А – plan, section and sections (according to V.I. Martin, 1971); Б – entrance well in summer; В – entrance well in winter, Г – *Eptesicus nilssonii* 18.02.2021; Д – palaeontological remains (fragments of Crinoidea) in the walls; Е – corridor. Photos by Yu. V. Sokolov (B) and P.G. Polezhankina (B – E)

геопарка «Янган-Тау». Он имеет как научно-просветительское, так и историко-археологическое значение. Пещера Салавата Юлаева (или вся Скала Салавата) может быть объявлена памятником природы заказного режима, тем более что сочетается с геологическим разрезом Наси, соседствует с морфологически интересными объектами: пещерой Плоской, гротами Широкий и Ступенчатый, и является вместилищем стоянки железного века и писаницей того же времени.

Рекреационные возможности спелеобъектов ограничены повышенной опасностью рельефа (осыпи, скалы), требующей соответствующей подготовки.

Геолого-геоморфологические и ландшафтно-биолого-экологические маршруты

На территории от устья р. Усть-Канда до д. Чулпан разработаны несколько экскурсионных маршрутов, часть из которых уже активно посещается туристами; возможно посещение и отдельных объектов вне предложенных экскурсионных маршрутов. Варианты экскурсий (радиальные маршруты, расстояние указано в одну сторону):

Маршрут 1 (М1). Пешеходный. Геолого-геоморфологический «Башкирский ярус на Юрюзани» (см. рис. 24А). Цель: знакомство с ландшафтом, растительным и животным миром, элементами долины р. Юрюзань и р. Наси, карстовыми и эро-

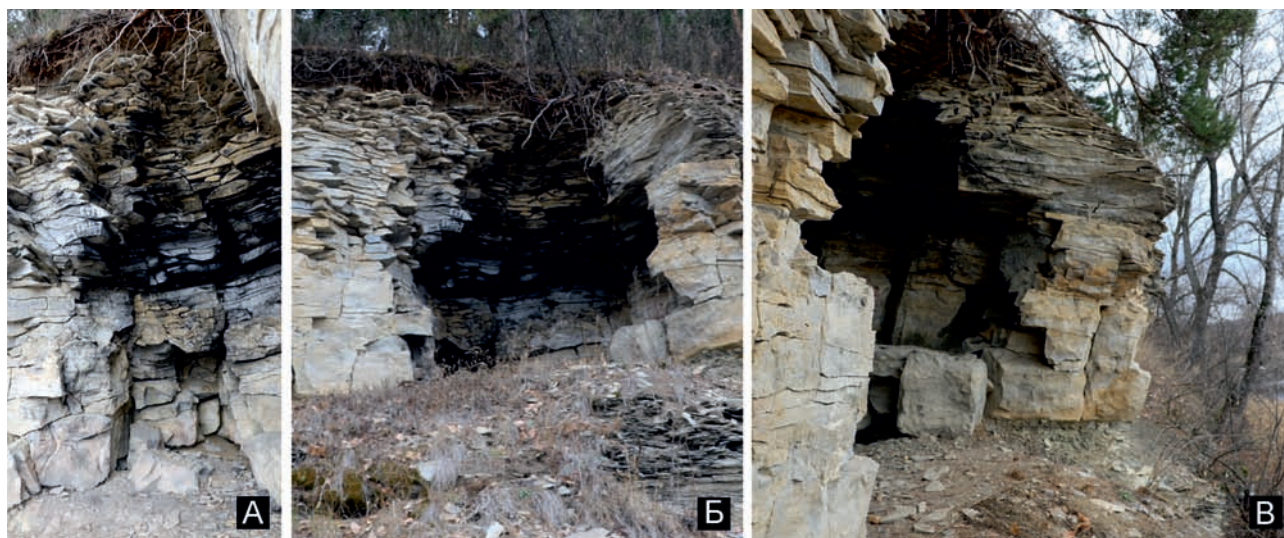


Рис. 22. Сосновский грот

Условные обозначения: А – трещина левой стены; Б – вход; В – трещина правой стены. Фото П. Г. Полежанкиной

Fig. 22. Sosnovsky (Pine) Grotto

Legend: A – crack in the left wall; Б – entrance; В – a crack in the right wall. Photos by P.G. Polezhankina

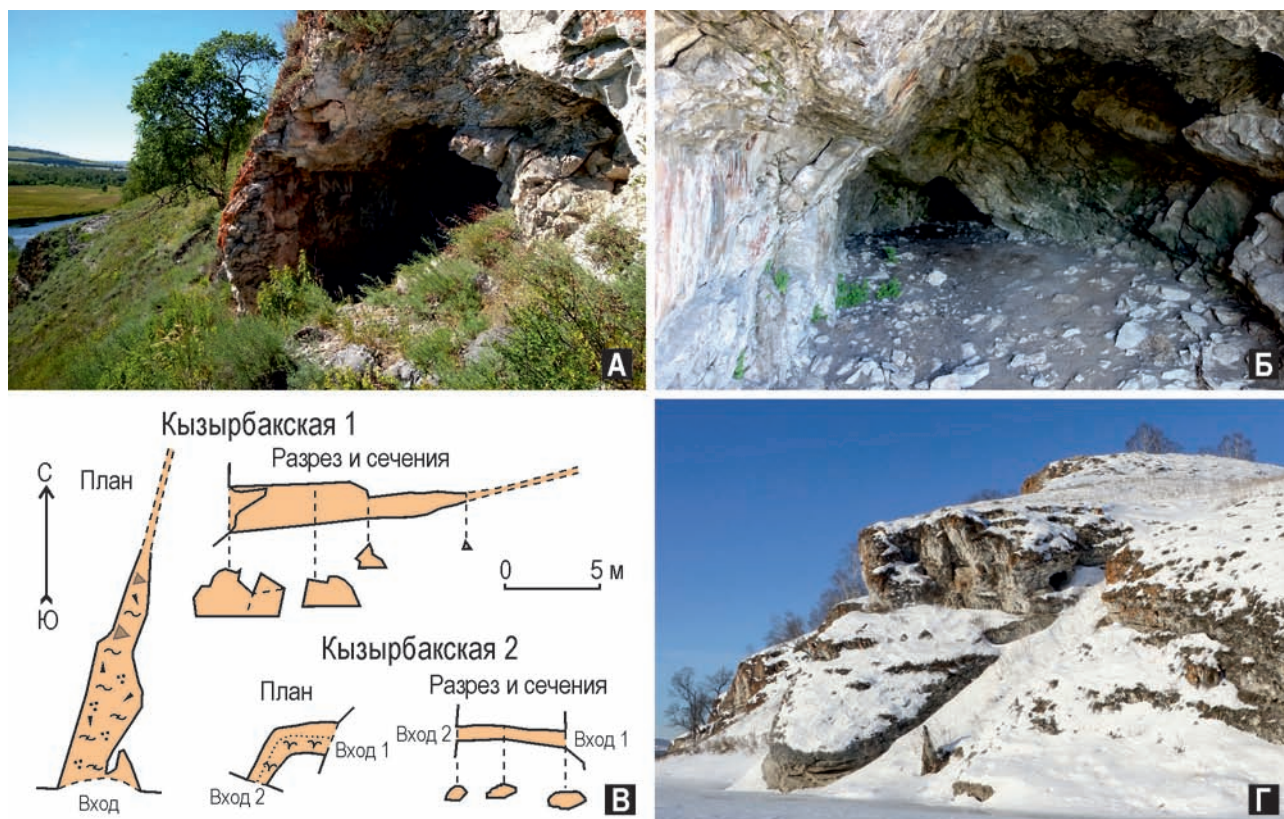


Рис. 23. Пещеры в скале у д. Кызырбак

Условные обозначения: А – вход в пещеру Кызырбакская 1; Б – дальняя часть пещеры Кызырбакская 1; В – планы, разрезы и сечения пещер (Ю. В. Соколов); Г – вход в пещеру Кызырбакская 2. Фото Ю. В. Соколова (Б) и П. Г. Полежанкиной (А, Г)

Fig. 23. Caves in the rock near the Kyzyrbak village

Legend: A – entrance to the Kyzyrbakskaya 1 Cave; Б – distant part of the Kyzyrbakskaya 1 Cave; В – plans, sections and cross-sections of caves (by Yu. V. Sokolov); D – entrance to the Kyzyrbakskaya 2 Cave. Photos by Yu. V. Sokolov (Б) and P.G. Polezhankina (А, Г)

зионными процессами. Расстояние: 6.6 км. Время на прохождение: около 3–4 часов. Остановки: Сабантуйная поляна — скала Бэлэкэй кая — Скала Салавата — долина р. Наси — пещера Калмакларовская. Возможен подъезд на транспорте к Сабантуйной поляне, скале Бэлэкэй кая, Скале Салавата, к стоянке у пещеры Калмакларовская.

Маршрут 2 (М2). Пешеходный. Геолого-геоморфологический «Долина реки Наси» (см. рис. 24Б). Цель: знакомство с ландшафтом, растительным и животным миром, элементами долины р. Наси и её притоками (родниками, руч. Карамалы). Расстояние: 12.4 км. Время на прохождение: около 5–7 часов. Остановки: с. Насибаш, родник «Амирхан» и родник «Манди» — окраина с. Насибаш, родник «Сагыйт» — долина р. Наси — Скала Салавата. Возможен подъезд на транспорте к Скале Салавата и к с. Насибаш.

Маршрут 3 (М3). Пешеходный. Геолого-геоморфологический «Долина р. Лазя» (см. рис. 25А). Цель: знакомство с ландшафтом, растительным и животным миром, элементами долины р. Лазя. Расстояние: 11 км. Время на прохождение: около 5–6 часов. Остановки: геологический разрез Кызырбак — пещера Кызырбакская 1-я — долина р. Лазя от устья до истока — форелевая ферма «Лазя» — родник «Осбашлы» — по левому притоку р. Лазя до мараловой фермы. Возможен подъезд к д. Кызырбак от автомобильного моста через р. Юрюзань через д. Калмакларово или переправа с левого на правый берег р. Юрюзань напротив с. Татарский Малояз. Возможен подъезд на транспорте к мараловой ферме со стороны д. Кызырбак или д. Язги-Юрт.

Маршрут 4 (М4). Пешеходный. Геолого-геоморфологический «Путешествие по Илеку» (см. рис. 25Б). Цель: знакомство с ландшафтом, растительным и животным миром, элементами долины р. Илек. Расстояние: 8 км. Время на прохождение: около 4–5 часов. Остановки: устье р. Илек — мимо болота у д. Бычковка — д. Бычковка — с. Гусевка — д. Покровка и родник «Покров» — с. Гусевка — отроги хр. Каратау по р. Сикияз — пермские осадки с растительными отпечатками в устье р. Сикияз (старый небольшой карьер). Возможен подъезд на транспорте ко всем перечисленным населённым пунктам.

Маршрут 5 (М5). Пешеходный. Геолого-геоморфологический «Гора Кантунтау» (рис. 26). Цель: знакомство с ландшафтом, растительным и животным миром, элементами долины р. Юрюзань. Расстояние: 6.8 км. Время на прохождение: около 4–5 часов. Остановки: источник Кургазак — д. Комсомол — визит-центр геопарка

«Янган-Тау» — подвесной мост через р. Юрюзань — д. Ильтаево — гора Кантунтау — д. Мусатово, родник «Даян». Возможен подъезд на транспорте к источнику Кургазак, д. Комсомол и подвесному мосту (со стороны д. Комсомол), к д. Ильтаево и д. Мусатово (со стороны с. Турналы).

Маршрут 6 (М6). Пешеходный. Экологическая тропа «Лесные тайны» санатория «Янган-Тау» (см. рис. 27). Цель: знакомство с животным и растительным миром горы Янгантау. Расстояние: 2.8 км (длинный отрезок тропы) или 1.7 км (короткий отрезок тропы). Время на прохождение: около 1.5 часов. Остановки: входная группа — зона ароматов — баннер о млекопитающих — «птичий городок» — баннер о пчёлах — подкормочная площадка для косуль — зона встречи с ветром и баннер о птицах — баннер о муравьях — зона медитации — зона обнимашек с деревьями — баннер о растительности — отель для насекомых — баннер о плодово-ягодных растениях — биотехническая площадка. Маршрут действует только для отдыхающих геокурорта «Янган-Тау» (раз в неделю два раза в день проводятся биологические экскурсии в сопровождении биолога).

Маршрут 7 (М7). Сплавной. Ландшафтный. Часть «Тропы по Юрюзани» от устья р. Усть-Канда до горы Янгантау (см. рис. 28). Цель: знакомство с долиной р. Юрюзань в Предуралье и природными объектами. Расстояние: около 36 км (только сплав). Время на прохождение: около 8–15 часов (в зависимости от сезона года, количества воды в р. Юрюзань и плавсредства). Остановки: устье р. Усть-Канда (с возможным посещением геологического разреза башкирского яруса Большая Лука) — геологический разрез ассельского яруса Новые Каратавлы (по желанию) — скала Бэлэкэй кая — Скала Салавата (геологический разрез башкирского яруса Наси) — висячий мост в с. Малояз — устье р. Шардалы — грот Сосновский — устье р. Малояз — устье р. Лазя — геологический разрез башкирского яруса Кызырбак и пещера Кызырбакская 1-я — устье р. Илек — геологические разрезы сакмарского (Урдалы) и артинского (Ильтаево) ярусов на горе Кантунтау — смотровая площадка на вершине г. Кантунтау — устье источника Кургазак — висячий мост между д. Комсомол и д. Ильтаево — визит-центр геопарка «Янган-Тау» (с возможным посещением истока источника Кургазак в рамках платной экскурсии) — геологический разрез янгантауской свиты в горе Янгантау — пляж «Три тополя» в д. Чулпан. Возможно прохождение этого участка «Тропы по Юрюзани» пешим маршрутом.

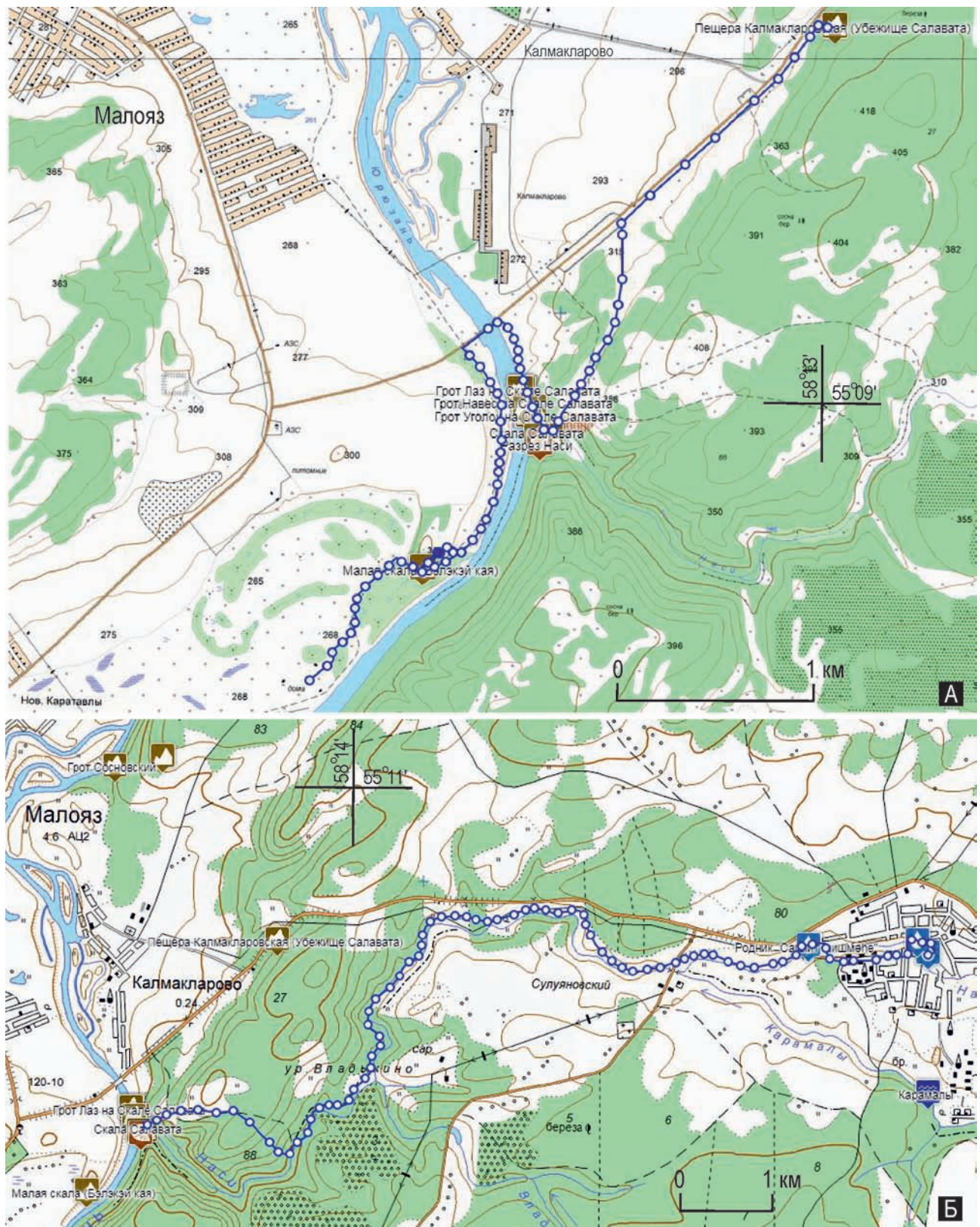


Рис. 24. Схемы маршрутов 1 (А) и 2 (Б)

Fig. 24. Schemes of trips 1 (A) and 2 (B)

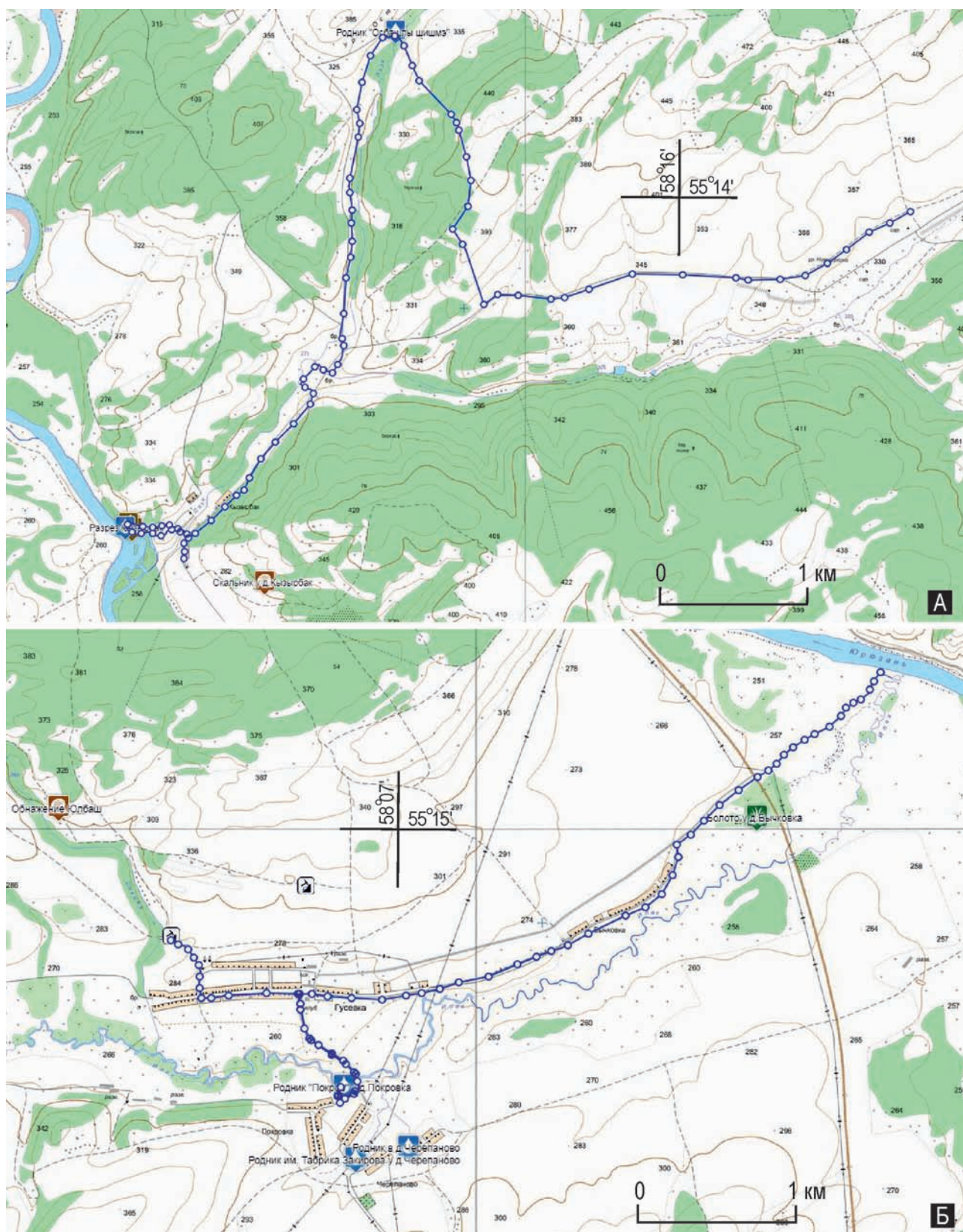


Рис. 25. Схемы маршрутов 3 (А) и 4 (Б)

Fig. 25. Schemes of trips 3 (A) and 4 (B)

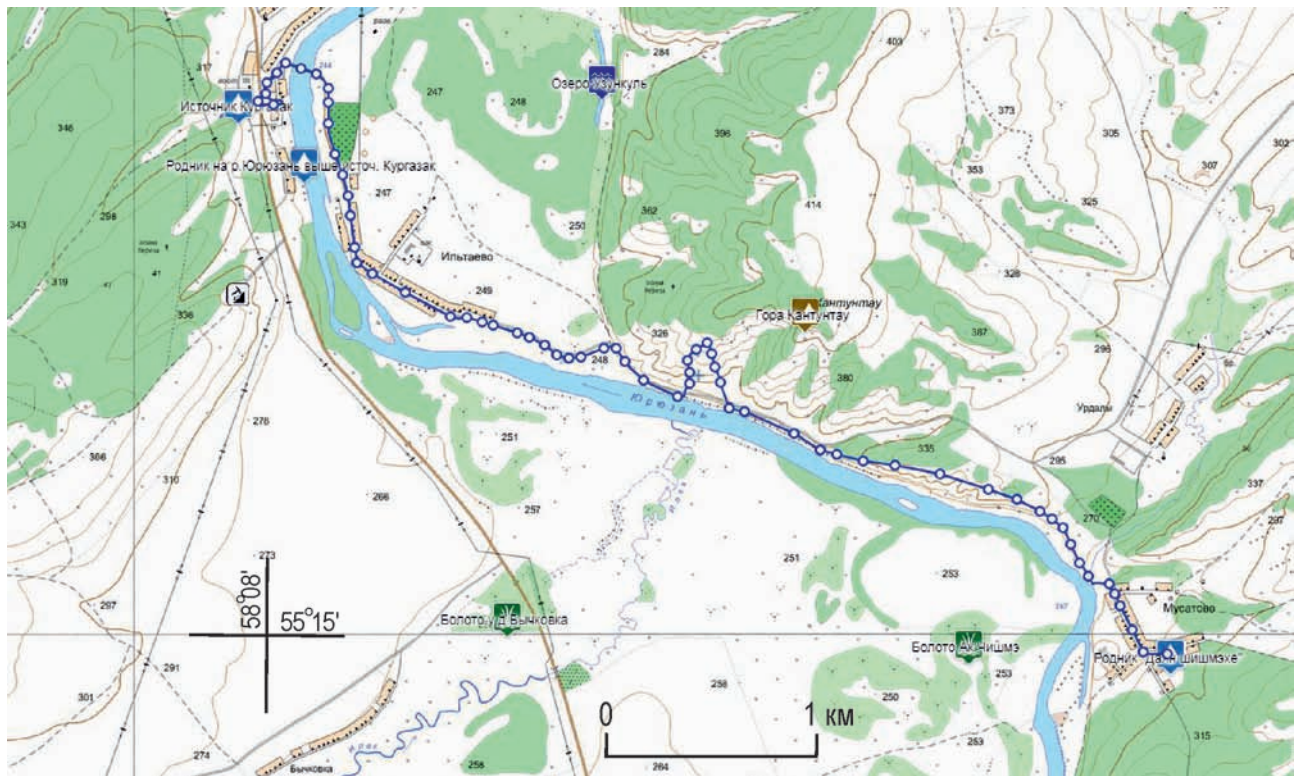


Рис. 26. Схема маршрута 5

Fig. 26. Scheme of trip 5

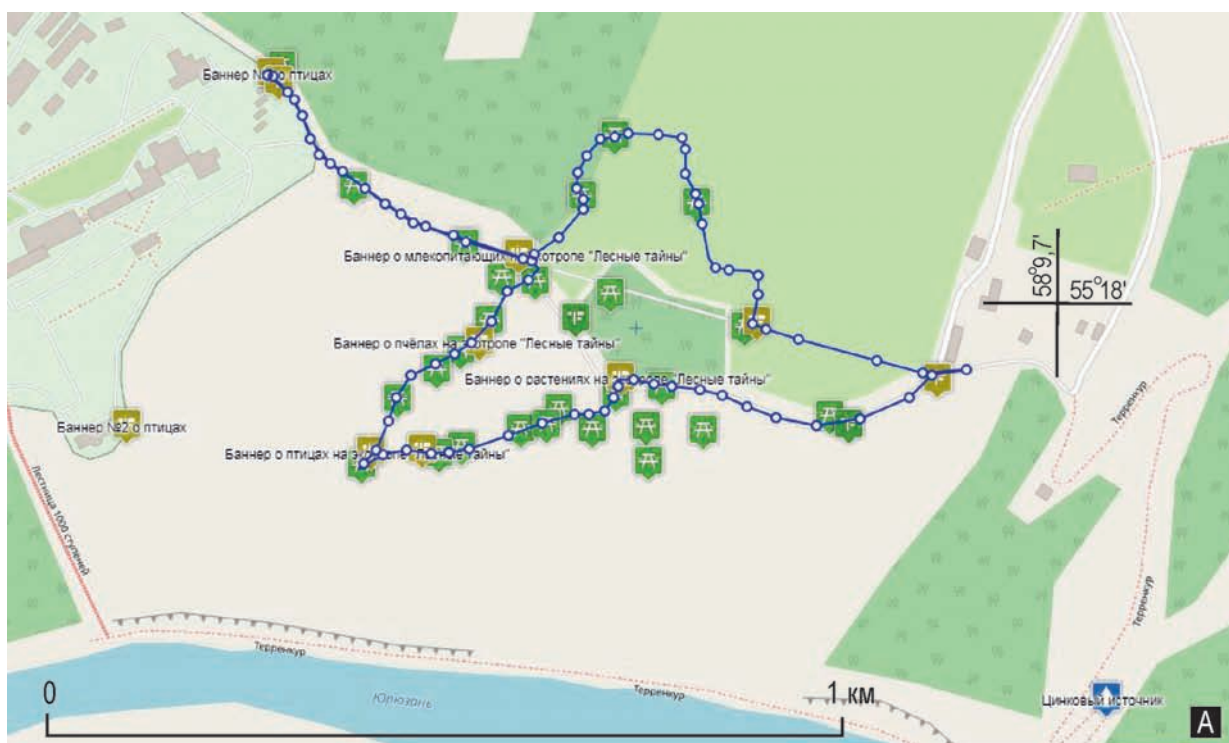


Рис. 27. Схема маршрута 6 (А) и примеры стендов (Б)

Fig. 27. Scheme of trip 6 (A) and some informations panels (B)



Рис. 28. Схема маршрута 7. Фрагмент тропы по Юрюзани

Fig. 28. Scheme of trip 7. A part of the parth «Po Yuryuzani» («Along Yuryuzan River»)

Заключение

Приведенная в статье информация впервые систематизирует и характеризует природные объекты долины р. Юрюзань от устья её левого притока — р. Усть-Канда до горы Янгантау: естественные выходы горных пород, карьеры, где можно познакомиться с породами среднего карбона (башкирский ярус) и нижней перми (ассельский, сакмарский, артинский ярусы), гидрографические объекты (реки, ручьи и родники), скалы и возвышенности, а также материалы о животном и растительном мире.

Статья дополняет опубликованную ранее информацию по р. Юрюзань [Соколов и др., 2023; Соколов, Полежанкина, 2024; Данукалова и др., 2024] и рассчитана на широкий круг читателей. Она существенно расширит представления как туристов, краеведов, так и школьников и студентов по природным объектам характеризуемого региона. Надеемся, что предложенные варианты маршрутов можно использовать всем, кто интересуется путешествиями по Южному Предуралью и Южному Уралу.

Список литературы

Асфандияров А. З. История сёл и деревень Башкортостана и сопредельных территорий. Уфа: Китап, 2021. 744 с.

Геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Лист N-40 (41). Уфа. Объяснительная записка. С.-Пб: Изд-во СПб картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2002. 356 с.

Данукалова Г. А., Соколов Ю. В., Полежанкина П. Г., Осипова Е. М. Туристическая тропа «По Юрюзани» — объекты и маршруты в геопарке ЮНЕСКО «Янгантау» (от Ельцовского гребня до устья р. Усть-Канда) // Геологический вестник. 2024. №1. С. 113–147. DOI: 10.31084/2619–0087/2024-1-9

Иванова Р. М. Башкирский ярус среднего течения р. Юрюзани (Западный склон Южного Урала) // Ежегодник — 1994. Информ. сб. науч. трудов. Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 1995. С. 13–16.

Красная книга Республики Башкортостан. Т. 2: Животные. Уфа: Информреклама, 2014. 244 с.

Красная книга Республики Башкортостан. Т. 1: Растения и грибы. М.: Студия онлайн, 2021. 392 с.

Красная книга Российской Федерации. Том «Животные». М.: ФГБУ «ВНИИ Экология», 2021. 1128 с.

Красная книга Российской Федерации. «Растения». Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 23.05.2023 №320 «Об утверждении Перечня объектов растительного мира, занесённых в Красную

книгу Российской Федерации» (вступил в силу 01.08.2023) <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202307210008>

Кулагина Е. И. Разрезы башкирского яруса среднего карбона в Салаватском районе Республики Башкортостан // Геологический вестник. 2018. №1. С. 98–110.

Населённые пункты Башкортостана. Энциклопедия. Уфа: Акирус, 2022. 864 с.

Паллас П. С. Путешествие по разным местам Российского государства. Ч. 2. Кн.1. 1770 год. СПб.: Императорская Академия наук, 1786. 476 с.

Полежанкина П. Г. К распространению кулика-соороки в геопарке «Янган-Тау» (Республика Башкортостан) // Фауна Урала и Сибири. Региональный фаунистический журнал, 2019. №2. С. 172–174.

Полежанкина П. Г., Мокеев Д. Ю. Встречи болотной черепахи в геопарке «Янган-Тау» (Республика Башкортостан) // Фауна Урала и Сибири. Региональный фаунистический журнал, 2020. №1. С. 51–52.

Соколов Ю. В. Спелеообъекты скалы Салавата // Спелеология и спелестология. 2023. №3. С. 22–32.

Соколов Ю. В., Данукалова Г. А., Полежанкина П. Г., Осипова Е. М. Уникальные природные объекты южной части геопарка «Янган-Тау» (д.д. Яхья и Радио, Южный Урал) // Геологический вестник. 2023. №3. С. 148–179. DOI: 10.31084/2619–0087/2023-3-12

Соколов Ю. В., Полежанкина П. Г. Спелеообъекты в окрестностях деревни Идрисово (Южный Урал) // Геологический вестник. 2024. №1. С. 148–175. DOI: 10.31084/2619–0087/2024-1-10

Степанян Л. С. Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической области). М.: Академкнига, 2003. 808 с.

Широков В. Н. Уральские писаницы. Южный Урал. Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2009. 94 с.

Яковлев А. Г., Яковлева Т. И. Новые точки отловов обыкновенной быстрянки *Alburnoides bipunctatus* (Bloch, 1782) в Южном Предуралье и на Южном Урале // Материалы ведения Красной книги Республики Башкортостан: материалы ведения Красной книги Республики Башкортостан за 2013 год. Вып. V / отв. ред. В. А. Валуев. Уфа: РИЦ БашГУ, 2013. С. 8–10.

References

Asfandiyarov A. Z. (2021) *Istoriya seol i dereven' Bashkortostana i sopredel'nykh territoriy* [History of villages and villages of Bashkortostan and adjacent territories]. KITAP Publ., Ufa. 744 p. (In Russian).

Geological map of the Russian Federation. Scale 1:1000000 (new series). Sheet N-40 (41) — Ufa. Explanatory letter. St. Petersburg: Publishing house of St. Petersburg cartographic factory VSEGEI, 2002. 356 p.

Danukalova G., Sokolov Yu., Polezhankina P., Osipova E. (2024) The trail «Along the Yuryuzan River» — objects and routes in the UNESCO Yangan-Tau Geopark (from Yeltsovsky Riverside

cliff to the mouth of the Ust-Kanda River). *Geologicheskii vestnik*, **1**, 113–147. DOI: 10.31084/2619–0087/2024-1-9

Ivanova R. M. (1995) Bashkirskiy yarus srednego techeniya r. Yuryuzani (Zapadnyy sklon Yuzhnogo Urala) [Bashkir Stage of the middle reaches of the river. Yuryuzani (Western slope of the Southern Urals)]. *Yearbook-1994. Inform. collection of scientific works*. IGIg RAS Publ., Ekaterinburg. 13–16. (In Russian).

Krasnaya kniga Respubliki Bashkortostan. V. 2: Zhivotnyye [Red Book of the Republic of Bashkortostan. V. 2: Animals] (2014) Informreklama Publ., Ufa, 244 p. (In Russian).

Krasnaya kniga Respubliki Bashkortostan. V. 1: Rasteniya i griby [Red Book of the Republic of Bashkortostan. V. 1: Plants and Fungi] (2021) Studia online Publ., Moscow, 392 p. (In Russian).

Krasnaya kniga Rossiiskoi Federatsii. Tom Zhivotnyye [Red Book of the Russian Federation. Volume Animals] (2021) FGBU «VNIi Ecologia» Press, Moscow. 1128 p. (In Russian).

Krasnaya kniga Rossiiskoi Federatsii. Tom Rasteniya. Prikaz Ministerstva prirodnnykh resursov i ekologii Rossiiskoi Federatsii ot 23.05.2023 N 320 «Ob utverzhdenii Perechnya ob'ektov rastitelnogo mira, zanesennykh v Krasnuyu knigu Rossiiskoy Federatsii (vstupil v silu 01.08.2023) [Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation No. 320 dated 05.23.2023 On Approval of the List of Flora Listed in the Red Book of the Russian Federation (entered into force on 01.08. 2023)]. <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202307210008>

Kulagina E. I. (2018) Razrezy bashkirskogo yarusa srednego karbona v Salavatskom rayone Respubliki Bashkortostan [Sections of the Bashkirian stage of the Middle Carboniferous in the Salavat region of the Republic of Bashkortostan]. *Geological Vestnik*, **1**, 98–110. (In Russian).

Naselennye punkty Bashkortostana [Settlements of Bashkortostan] (2022) Encyclopedia. Akirus Publ., Ufa, 864 p. (In Russian).

Pallas P. S. (1786) *Puteshestviye po raznym mestam Rossiiskogo gosudarstva* [Journey to different places of the Russian state]. Part 2. Book 1. 1770. Imperial Academy of sciences, St. Petersburg, 476 p. (In Russian).

Polezhankina P. G. (2019) K rasprostraneniyu kulika-sooroki v geoparke Yangan-Tau (Respublika Bashkortostan) [On the distribution of the oystercatcher in the Yangan-Tau Geopark (Republic of Bashkortostan)]. *Fauna of Urals and Siberia. Regional faunistic journal*, **2**, 172–174. (In Russian).

Polezhankina P. G., Mokeev D. Yu. (2020) Vstrechi bolotnoi cherepakhi v geoparke Yangan-Tau (Respublika Bashkortostan) [Swamp turtle encounters in the Yangan-Tau Geopark (Republic of Bashkortostan)]. *Fauna Urala i Sibiri. Regional faunistic journal*, **1**, 51–52. (In Russian).

Sokolov Yu. V. (2023) Speleobijekty scaly Salavata [Speleological objects of Salavat rock]. *Speleology and Spelestology*, **3**, 22–32. (In Russian).

Sokolov Yu. V., Danukalova G. A., Polezhankina P. G., Osipova E. M. (2023) Unikal'nye prirodnye ob'ekty yuzhnoi chasti geoparka «Yangan-Tau» (d.d. Yakh'ya i Radio, Yuzhnyi Ural) [Unique natural objects of the southern part of the Yangan-Tau geopark (village Yahya and Radio,

Southern Urals)]. *Geologicheskii vestnik*, **3**, 148–179. DOI: 10.31084/2619–0087/2023-3-12 (In Russian).

Sokolov Yu., Polezhankina P. (2024) Speleo objects of the Idrisovo village surroundings (Southern Urals). *Geologicheskii vestnik*, **1**, 148–175. DOI: 10.31084/2619–0087/2024-1-10

Stepanyan L. S. (2003) *Konspekt ornitologicheskoy fauny Rossii i sopredel'nykh territoriy (v granitsakh SSSR kak istoricheskoy oblasti)* [Abstract of the ornithological fauna of Russia and adjacent territories (within the borders of the USSR as a historical region)]. Academkniga Press, Moscow. 808 p. (In Russian).

Shirokov V. N. (2009) *Ural'skie pisanitsy. Yuzhnyy Ural*. [Ural writings. Southern Urals.] Institute of history and archaeology, Uralian branch of Russian academy of sciences. AMB Press, Ekaterinburg. 94 p. (In Russian).

Yakovlev A. G., Yakovleva T. I. (2013) New catching points of the common fast grass *Alburnoides bipunctatus* (Bloch, 1782) in the Southern Cis-Urals and Southern Urals // *Materials of the Red Book of the Republic of Bashkortostan: materials of the Red Book of the Republic of Bashkortostan for 2013*. Issue V / V. A. Valuev (ed.). Ufa: RIC BashGU, 2013. Pp. 8–10. (In Russian).

Сведения об авторах:

Данукалова Гузель Анваровна, канд. геол.-мин. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. danukalova@ufaras.ru

Соколов Юрий Викторович, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. sokolspeleo@mail.ru

Полежанкина Полина Геннадьевна, канд. биол. наук, Геопарк ЮНЕСКО «Янган-Тау», с. Янгантау. polina.muzei@mail.ru.

Осипова Евгения Михайловна, канд. геол.-мин. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. myrte@mail.ru

About the authors:

Danukalova Guzel, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. danukalova@ufaras.ru

Sokolov Yuri, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. sokolspeleo@mail.ru

Polezhankina Polina, candidate of biological sciences, UNESCO "Yangan-Tau" Geopark, Yangantau. polina.muzei@mail.ru

Osipova Evgeniya, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. myrte@mail.ru

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.*

Статья поступила в редакцию 03.06.2024; одобрена после рецензирования 04.06.2024; принята к публикации 22.07.2024

The article was submitted 03.06.2024; approved after reviewing 04.06.2024; accepted for publication 22.07.2024

Научная статья

УДК 551.4.042 (470.57)

DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-12

ЭКЗОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН И АКТИВНОСТЬ ИХ РАЗВИТИЯ В ПОСЛЕДНЕЕ ДЕСЯТИЛЕТИЕ (2013–2023 ГГ.)

А. И. Смирнов

Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Уфа, smalil@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3129-6142>

Экзогенные геологические процесс — совокупность дискретных изменений приповерхностной части геологической среды в результате энергомассообмена в зоне контакта литосферы с атмосферой и гидросферой, которые приводят к необратимому преобразованию состояния недр. Представлены основные группы экзогенных геологических процессов связанные преимущественно с действием: гравитационных сил, поверхностных вод, подземных и поверхностных вод, ветра и с хозяйственной деятельностью человека. В каждой из групп по ведущему процессу выделены виды экзогенных геологических процессов, формы проявления и география их распространения. Установлено, что из всех зафиксированных на территории Республики Башкортостан экзогенных геологических процессов наибольшее развитие получили процессы, обусловленные деятельностью поверхностных и подземных вод, а наибольшее воздействие на селитебные сельские территории республики оказывает боковая эрозия рек, карст и оползневой процесс в Южном Предуралье. Данные о современной активности развития этих процессов являются актуальными показателями для принятия управленческих решений по предотвращению негативного их воздействия на объекты экономики и безопасности жизнедеятельности населения. Современная активность развития речной боковой эрозии оценена методом сравнения материалов дешифрирования аэрофотоснимков 1953–1955 гг. залёта с современными космоснимками. Результаты этого сравнения заверены данными мониторинга состояния берегов водных объектов на 29 наблюдательных участках, который осуществлялся отраслевыми организациями по государственным контрактам с Министерством природопользования и экологии Республики Башкортостан. Установлено, что активность развития речной боковой эрозии в последние 10 лет была ниже среднесреднегодной. Современная активность развития карста определена по частоте образования новых карстовых провалов на основе созданной базы данных провалов земной поверхности любого генезиса с фиксированным временем образования. Установлено, что на территории республики средняя частота образования крупных (поперечником и глубиной более 3 м) карстовых провалов за последнее 100 лет составила два провала в год, а в последние 10 лет — 3–6 провалов в год. В соответствие с действующими нормативными документами активность провалообразования, обусловленного развитием карста в последнее десятилетие в целом по территории Башкортостана оценена, как высокая, а в 2023 г. — как очень высокая. Современная активность развития оползневой процесса оценена как низкая. Другие виды современных экзогенных геологических процессов имеют ограниченное распространение, активность развития и воздействие их на социально-экономические объекты республики носят эпизодический характер.

Ключевые слова: боковая эрозия рек, сульфатный карст, скорость размыва речных берегов, провалообразование, оползни, Южное Предуралье

Благодарности: Исследование выполнено по госбюджетной теме FMRS-2022–0010.

Для цитирования: Смирнов А. И. Экзогенные геологические процессы Республики Башкортостан и активность их развития в последнее десятилетие (2013–2023 гг.) // Геологический вестник. 2024. № 2. С. 183–197. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-12

For citation: Smirnov A. I. (2024) Exogenous geological processes of the Republic of Bashkortostan and activity of their development in the last decade (2013–2023). *Geologicheskii vestnik*. 2024. No. 2. P. 183–197. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-12

© А. И. Смирнов, 2024

Original article

EXOGENOUS GEOLOGICAL PROCESSES OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN AND ACTIVITY OF THEIR DEVELOPMENT IN THE LAST DECADE (2013-2023)

A. I. Smirnov

Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa, smalil@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3129-6142>

Exogenous geological processes refer to a series of discrete alterations occurring within the near-surface geological environment due to the exchange of energy and mass at the interface of the lithosphere with the atmosphere and hydrosphere. These processes result in irreversible transformations in the state of the subsurface. The principal categories of exogenous geological processes encompass phenomena primarily influenced by: gravitational forces, surface water, groundwater, wind, and anthropogenic activities. Within each group, prominent processes, types of exogenous geological processes, manifestations, and geographical distributions are delineated to provide comprehensive insight. Studies have shown that among all exogenous geological processes observed in the territory of the Republic of Bashkortostan, processes driven by surface and groundwater activity are the most pronounced. Particularly impactful on residential areas of the republic are lateral erosion of rivers, karst formations, and landslides in the Southern Urals. Information regarding the ongoing development of these processes serves as crucial indicators for informing managerial decisions aimed at mitigating their adverse effects on economic assets and ensuring the safety of the population's livelihoods. The contemporary activity of river lateral erosion development was assessed by comparing aerial photo interpretation materials from 1953–1955 with modern satellite imagery. The results of this comparison are corroborated by monitoring data on the condition of water body banks at 29 observation sites, conducted by sectoral organizations under state contracts with the Ministry of Nature Management and Ecology of Republic of Bashkortostan. It was determined that the rate of river lateral erosion development over the past 10 years has been lower than the average annual rate. The current activity of karst development is assessed based on the frequency of new karst sinkhole formations, utilizing a database of sinkholes of various origins with documented time of formation. It has been determined that on the territory of the republic, the average frequency of large karst sinkholes (with cross-section and depth exceeding 3 meters) over the past 100 years was two sinkholes per year, while in the last 10 years, it increased to 3–6 sinkholes per year. In accordance with current regulatory documents, the activity of sinkhole formation due to karst development over the last decade in Bashkortostan is generally estimated as high, and in 2023 specifically, as very high. Current activity of landslide process development is assessed as low. Other types of modern exogenous geological processes have limited distribution, the activity of development and their impact on socio-economic objects of the republic are episodic.

Keywords: lateral river erosion, sulfate karst, river bank erosion rate, sinkhole formation, landslides, Southern Cis-Urals

Acknowledgments: The work was carried out within the framework of the state budget theme No. FMRS-2022–0010.

Введение

Республика Башкортостан (РБ) площадью ~143 тыс. км², на которой проживает около 4 миллионов человек, расположена в пределах Южного Предуралья, горного Урала и равнинного Зауралья. В Предуралье выделяются ряд плато (Уфимское и Белокатайское), возвышенностей (Бугульмино-Белебеевская и Общий Сырт) и равнин (Прибельская и Приайская), а также холмисто-увалистые предгорья западного склона Южного Урала. В юго-восточной горной части

республики, наряду с низко- и среднегорными хребтами сформированы Зилаирское плато и плато Уралтау. Рельеф Зауралья представлен грядово-мелкосопочными предгорьями восточного склона Южного Урала, Сакмаро-Таналыкской и Кизило-Уртазымской равнинами [Смирнов, 2005].

На Урале распространены весьма различные по возрасту (от верхнего протерозоя до нижней перми) и составу осадочные, метаморфические и магматические породы, в Зауралье — осадочные и вулканогенно-осадочные палеозойские, реже мезозойские, осадочные образования, а в Предуралье

приповерхностная часть геологической среды представлена исключительно осадочными отложениями (от верхнепалеозойских до неоген-четвертичных).

Разнообразные геолого-геоморфологические и гидрогеологические условия РБ обуславливают развитие на её территории генетически различных видов экзогенных геологических процессов (ЭГП). Исходя из представлений о геологической среде и процессов в ней развивающихся Е. М. Сергеева, Г. К. Бондаренко, Г. С. Золотарева, В. И. Осипова, А. И. Шеко, В. С. Круподёрова, В. Ф. Трофимова и других исследователей, ЭГП представляют собой совокупность необратимых дискретных изменений приповерхностной части геологической среды (точнее, отдельных наименее устойчивых её элементов) в результате энергомассообмена в зоне контакта литосферы с атмосферой и гидросферой. Эти изменения неизбежно приводят к преобразованию двух основных компонентов геологической среды – горных пород и рельефа. Этим признаком, а также необратимостью вызываемых изменений геологической среды ЭГП отличаются от других экзогенных процессов – гидрогеологических, гидрологических и метеорологических, изменения элементов которых имеют обратимый характер.

Современные климатические условия РБ сравнительно однообразны и определяют относительно однотипный режим развития ЭГП.

Данные о современной активности развития опасных геологических процессов являются важным показателем для принятия управленческих решений по предотвращению негативного их воздействия на социально-экономические объекты и безопасность жизнедеятельности населения.

Цель настоящего исследования – определение современной активности наиболее распространенных и опасных видов ЭГП на территории РБ в последнее десятилетие (2013–2023 гг.). Исходными данными для исследований послужили систематизированные сведения о развитии ЭГП в регионе из фондовых и опубликованных источников, а также полевые обследования автора. Методы исследований охарактеризованы ниже в соответствующих разделах статьи.

Виды экзогенных геологических процессов

Развитые в регионе виды ЭГП, основные формы проявления и география их распространения приведены в табл. 1, из которой видно, что наибольшее распространение на территории

РБ получили процессы, обусловленные деятельностью поверхностных и подземных вод. Среди них максимальное воздействие на селитебные и сельские территории республики оказывает боковая эрозия рек и карст [Смирнов, 2022].

Каждый четвертый населенный пункт РБ подвержен или может быть подвержен отрицательному (с прямым материальным ущербом) воздействию ЭГП [Smirnov, 2022].

По причиняемому ущербу основным видом ЭГП является речная боковая эрозия. Подмыв и разрушение берегов рек вынуждает ежегодно проводить строительство инженерных сооружений, направленных на снижение размыва берегов рек. Так, только в 2017–2019 гг. на берегоукрепительные мероприятия на р. Белой в г. Уфе по федеральной целевой программе «Развитие водохозяйственного комплекса РФ в 2012–2020 гг.» из всех источников финансирования было затрачено 2.3 млрд руб. [Смирнов, 2022].

Карст на территории РБ – второй по негативному воздействию ЭГП на социально-экономические объекты. Около 340 населенных пунктов республики находятся на территориях возможного образования новых карстовых провалов, которые вызывают чрезвычайные ситуации различного характера – от деформаций зданий и сооружений до полного их разрушения [Смирнов, 2020б]. Только в г. Уфе за последние 60 лет (1963–2023 гг.) зафиксировано не менее 40 случаев деформаций зданий (в том числе многоэтажных) и инженерных сооружений, обусловленных карстом [Епифанова, Смирнов, 2022, 2024].

Если подмыв и разрушение берегов рек возможно спрогнозировать, то карстовые провалы возникают внезапно и образование их пока мало предсказуемо и в этом отношении карст на территории РБ является самым опасным видом ЭГП.

Третьим видом ЭГП, отрицательно воздействующим на состояние социально-экономических объектов РБ, является оползневой процесс. Современные оползни в рассматриваемом регионе распространены ограниченно. В зоне возможного отрицательного воздействия оползневой процесса находятся около 20 населенных пунктов Башкортостана, что составляет всего 0.4% от всех населенных пунктов республики [Смирнов, 2022].

Таким образом, из всех видов ЭГП развитых в регионе к опасным проявлениям ЭГП можно отнести подмыв и разрушение берегов рек, карстовые провалы и оползни. До недавнего времени к опас-

Таблица 1 Современные экзогенные геологические процессы Республики Башкортостан
Table 1 Modern exogenous geological processes of the Republic of Bashkortostan

Группа процессов обусловленные действием:	Вид процесса		Основные проявления процесса	Характер распространения	
1	2		3	4	
Гравитационных сил	Курумообразование		Каменные моря и реки	Среднегорные хребты и горы Южного Урала выше абс. отм. 900–1000 м: Зигальга, Машак, Кумурдак, Нары, Юша, Ямантау, Иремель и др.	
	Осыпной		Осыпи, россыпи, высыпки	Повсеместно в горной части РБ с наибольшим распространением на склонах долин рек на западном склоне Урала и на хребтах Ирэндик, Крыкты — на восточном. Локально — на остальной части республики	
	Обвальный		Обвалы, вывалы		
	Оползневой		Оползни древние, обычно стабилизировавшиеся	Локально, с наибольшей встречаемостью в равнинном Предуралье и Бугульмино-Белебеевской возвышенности	
Оползни современные, обычно активные			Локально преимущественно в рыхлых нелитифицированных неоген-четвертичных отложениях		
Поверхностных вод	Эрозия	Речная	Глубинная	Углубление русел рек	Повсеместно, с наибольшей активностью развития в горной части республики
			Боковая	Подмываемые речные берега	Повсеместно, с наибольшей активностью разрушения берегов в средних течениях рек
			Плоскостная	Плоскостной смыв с затопляемых территорий	Редко и локально в периоды естественных и искусственных (прорыв плотин) половодий и паводков
	Овражная	Склоновая	Овражно-балочные явления	Повсеместно с наибольшей активностью развитием в равнинном Предуралье	
		Плоскостная	Плоскостной смыв (водная эрозия почв)	Повсеместно на возделываемых землях (сельхозугодиях)	
	Абразионный		Переработка берегов озер и водохранилищ	Павловское, Кармановское, Юмагузинское и Нугушское водохранилища; локально на крупных озерах	
Подземных и поверхностных вод	Карстовый		Поверхностные и глубинные карстопоявления различных форм и размеров	Повсеместно в районах распространения карстующихся пород, с наибольшей интенсивностью развития в равнинном Предуралье	
	Суффозионный		Воронки и западины	Локально и редко	
Подземных и поверхностных вод	Заболачивание		Болота и заболоченности	Относительно редко, с наибольшим распространением в северных районах Зауралья и нижних течениях рек (на террасах) в Предуралье; локально в среднегорной части Южного Урала	
Ветра	Эоловый		Развевание и навевание (ветровая эрозия почв)	Локально, с наибольшим распространением на юге Зауралья, реже — в южных районах Предуралья	
Хозяйственной деятельностью человека	Уничтожение естественных ландшафтов при разработке месторождений твердых полезных ископаемых		Карьеры, отвалы, хвостохранилища и т. п.	Локально, с наибольшей встречаемостью в Зауралье и на юге Предуралья	
	Оседание земной поверхности при добыче нерудных полезных ископаемых		Просадки	Локально (слабо изучены)	
	Незарегулированность поверхностного стока, утечки из водонесущих коммуникаций и т. п.		Затопление и подтопление	Локально, в пределах урбанизированных территорий	

Примечание к Таблице 1.

1. Кроме перечисленных ЭГП на территории РБ крайне ограничено распространены: сели (единичные случаи), солифлюкция (преимущественно в горной части республики и на Бугульмино-Белебеевской возвышенности), наледи и морозное пучение, солончаки (южные районы Зауралья и Предуралья), просадки, обусловленные палеотермокарстом (в низовьях р. Белой), выгоранием торфа.
2. Нередко отдельные виды ЭГП развиваются совместно и в тесной взаимосвязи между собой, образуя при этом формы рельефа сложного генезиса (карстово-суффозионные воронки, эрозионно-карстовые овраги, карстово-оползневые и эрозионно-оползневые цирки, обвально-осыпные россыпи и т. п.).
3. Любой ЭГП (из группы естественных) может быть вызван и активизирован или приостановлен в своем развитии хозяйственной деятельностью человека.
4. Группа процессов, обусловленная совокупной деятельностью климатических факторов (выветривание) развита повсеместно, но прямого отрицательного воздействия на социально-экономические объекты не оказывает.

Note for Table 1.

1. In addition to the listed EGPs on the territory of the Republic of Bashkortostan are extremely limited: mudflows (isolated cases), solifluction (mainly in the mountainous part of the republic and on the Bugulmino-Belebeevskaya Upland), ice dams and frost heaving, salt marshes (southern regions of the Trans-Urals and Cis-Urals), subsidence caused by paleothermocarst (in the lower reaches of the Belaya River), peat burning.
2. Often, individual types of EGP develop together and in close interrelation with each other, forming relief forms of complex genesis (karst-suffosion sinkholes, erosion-karst ravines, karst-landslide and erosion-landslide cirques, landslide placers, etc.).
3. Any EGP (from the group of natural ones) can be caused and activated or suspended in its development by human economic activity.
4. A group of processes caused by the combined activity of climatic factors (weathering) is developed everywhere, but does not have a direct negative impact on socio-economic objects.

ным ЭГП относился только карст [Абдрахманов и др., 2022].

Активность развития экзогенных геологических процессов

В новейшее (неоген-четвертичное) время наибольшая активность развития всех ЭГП региона наблюдалась в раннем плиоцене, в период заложения и началом формирования глубоко врезаемых (до 200 м) палеодолин рек, обусловленного резким подъемом территории после общей пенеппленизации региона в миоцене [Рождественский, 1971]. В плейстоцене она постепенно ослабевала, а на современном этапе ЭГП продолжают унаследовано активно развиваться в тех же самых районах, что и на всем протяжении квартера [Яхимович, 1971].

Современная активность развития речной боковой эрозии оценена методом сравнения материалов дешифрирования аэрофотоснимков 1953–1955 гг. залёта с современными (2018–2019 гг.) космоснимками [Смирнов, 2022], которые заверены данными мониторинга состояния берегов водных объектов 2010–2023 гг. Наблюдения за развитием речной эрозии рек в разные годы осуществлялись на около 30 участках по всей территории РБ по госконтрактам Министерства природопользования и экологии Республики Башкортостан с ГУП «Башгеолцентр» (2009–2011 гг.), Научно-исследовательским институтом Безопасности жизнедеятельности (2012–2018 гг.), ООО «Институт эколого-географических исследований» (2019–2021 гг.) и ИП Биктасов А. З. (2022–2023 гг.). Результаты

мониторинга состояния речных берегов отражены в ежегодных Государственных докладах о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан. Первоначально наблюдательные участки были определены на основе карт подверженности населенных пунктов воздействию ЭГП масштаба 1:200 000 (Смирнов, Ткачев, 1986ф; Смирнов, Нагуманов, Ткачев, 1989ф; Смирнов, 1994ф). По ним были установлены населенные пункты, в которых боковая эрозия рек непосредственно угрожала социально-экономическим объектам, определены скорости размыва речных берегов по основным рекам РБ [Смирнов, Ткачев, 2005] и организована наблюдательная сеть за режимом активности развития речной боковой эрозии (рис. 1).

На начало мониторинга берегов (2009 г.) на отрезках рек, где размыв берегов происходил наиболее интенсивно были проведены берегоукрепительные мероприятия и такие участки не были включены в наблюдательную сеть. В процессе мониторинга наблюдательная сеть подвергалась корректировке. Участки, где размыв речных берегов практически не наблюдался или на которых в период ведения мониторинга состояния берегов были созданы берегоукрепительные сооружения, закрывались, а вместо них открывались новые, но структура наблюдательной сети в целом оставалась неизменной. В последние три года мониторинг состояния водных объектов осуществлялся на 29 наблюдательных участках (см. рис. 1).

Исследованиями прошлых лет установлено, что наивысшая скорость размыва берегов харак-

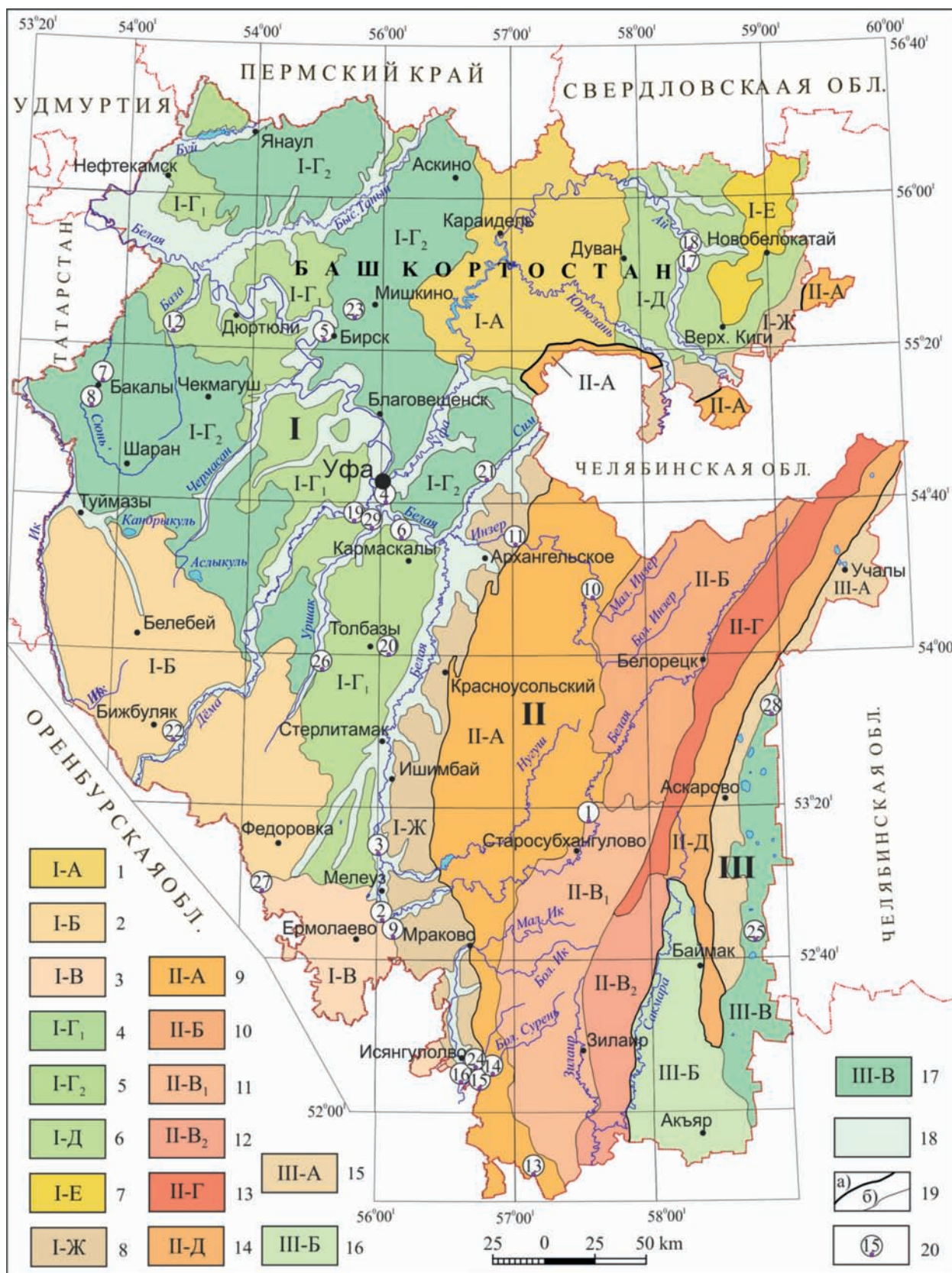


Рис. 1. Наблюдательная сеть мониторинга речных берегов [Смирнов, 2022]

Fig. 1. Observational network for monitoring river banks [Smirnov, 2022]

Условные обозначения к рис. 1: I. Область Русской равнины (Южное Предуралье). Районы: 1 – Уфимское плато (I-A), 2 – Бугульмино-Белебеевская возвышенность (I-Б), 3 – Общий Сырт (I-В); Прибельская равнина (I-Г): 4 – пологоволнистая (I-Г1) и 5 – холмисто-увалистая (I-Г2), 6 – Приайская равнина (I-Д), 7 – Белокатайское плато (I-Д), 8 – холмисто-увалистые предгорья западного склона Южного Урала (I-Ж). II. Область горного Урала районы: 9 – низкорослые хребты западного склона Южного Урала (II-A), 10 – среднерослые хребты западного склона Южного Урала (II-Б); Южно-Уральское плоскогорье (II-В): 11 – Зилайское плато (II-В1), 12 – плато Уралтау (II-В2), 13 – хребет Уралтау (II-Г), 14 – низкорослые хребты восточного склона Южного Урала. III. Область Западно-Сибирской равнины (Зауралье) – районы: 15 – грядово-мелкосопочные предгорья восточного склона Южного Урала (III-A), 16 – Сакмаро-Таналыкская высокая равнина (III-Б), 17 – Кизило-Уртазымская равнина (III-В). 18 – террасы крупных речных долин. 19 – Границы: а) областей, б) районов. 20 – наблюдательные участки: 1. д. Байназарово, р. Беляя; 2. с. Ира, р. Беляя; 3. с. Зирган, р. Беляя; 4. г. Уфа (район Мелькомбината), р. Беляя; 5. г. Бирск, р. Беляя; 6. д. Старые Киешки, р. Беляя; 7. с. Бакалы, р. Сюнь; 8. д. Пенькозавода, р. Сюнь; 9. д. Худайбердино, р. Кривля; 10. с. Усмангали, р. Бол. Инзер; 11. с. Узунларово, р. Инзер; 12. с. Юнны, р. База; 13. д. Утягулово, р. Касмарка; 14. с. Тазларово, р. Мал. Сурень; 15. д. Ниж. Сарабиль, р. Бол. Сурень; 16. д. Биккужа, р. Бол. Сурень; 17. д. Новомещеро, Ай; 18. д. Старомещеро, р. Ай; 19. с. Нижегородка, р. Дема; 20. д. Новоиткеево, р. Аургаза; 21. с. Иглино, р. Белекес; 22. с. Менеузтамк, р. Менеуз; 23. д. Чебыково, р. Шады; 24. с. Исянгулово, р. Ташла; 25. г. Сибай, р. Камышлы-Узяк; 26. с. Турумбетово, р. Уршак; 27. с. Кирюшкино, р. Ашкадар; 28. с. Баимово, Мал. Кизил; 29. с. Zubovo, р. Берсувань

Legend for fig. 1: I. The region of the Russian Plain (Southern Cis-Urals). Areas: 1 – Ufa plateau (I-A), 2 – Bugulmino-Belebeyevskaya upland (I-Б), 3 – Obshchy Syrt (I-В); Pribelskaya plain (I-Г): 4 – low angle wavy (I-Г1) and 5 – gently rugged (I-Г2), 6 – Priai plain (I-Е), 7 – Belokatayskoe plateau, 8 – gently rugged foothills of the western slope of the Southern Urals (I-Н). II. The area of the mountainous Urals - districts: 9 – low ridges of the western slope of the Southern Urals (II-A), 10 – middle ridges of the western slope of the Southern Urals (II-Б); South Ural plateau (II-В): 11 – Zilair plateau (II-В1), 12 – Uraltau plateau (II-В2), 13 – Uraltau ridge (II-Г), 14 – low ridges of the eastern slope of the Southern Urals. III. Area of the West Siberian plain (Trans-Urals) - regions: 15 – ridge-shallow foothills of the eastern slope of the Southern Urals (III-A), 16 – Sakmaro-Tanalyk high plain (III-Б), 17 – Kizilo-Urtazym plain (III-В). 18 – terraces of large river valleys. 19 – Boundaries: a) regions, b) districts. 20 – observation sites: 1. Baynazarovo village, Belaya river; 2. Ira settlement, Belaya river; 3. Zirgan settlement, Belaya river; 4. Ufa town (Melkombinat area), Belaya river; 5. Birsks town, Belaya river; 6. Starye Kishki village, Belaya river; 7. Bakaly village, Syun river; 8. Penkozavod village, Syun river; 9. Khudaiberdino village, Krivlia river; 10. Usmangali settlement, Bolshoy Inzer river; 11. Uzunlarovo settlement, Inzer river; 12. Yunny settlement, Baza river; 13. Utyagulovo village, Kasmarka river; 14. Tazlarovo villagr, Maluy Suren' river; 15. Nizhny Sarabil village, Bolshoy Suren' river; 16. Bikkuja village, Bolshoy Suren' river; 17. Novomesherevo village, Ai river; 18. Staromeshcherovo village, Ai river; 19. Nizhegorodka settlement, Dema river; 20. Novoitkeyevo village, Aurgaza river; 21. Iglino settlement, Belekess river; 22. Meneuztamak settlement, Meneuz river; 23. Chebykovo village, Shady river; 24. Isyngulovo settlement, Tashla river; 25. Sibai town, Kamyshly-Uzyak river; 26. Turumbetovo settlement, Urshak river; 27. Kiryushkino settlement, Ashkadar river; 28. Baimovo settlement, Maluy Kizil river; 29. Zubovo settlement, Bersuvan river

терна в периоды весеннего половодья и летних паводков, сложенных рыхлыми нелитифицированными плейстоценовыми отложениями на крутых поворотах русел рек (рис. 2, А) и на зауженных участках долин рек, где вся живая сила водного потока сосредотачивается в их днищах (см. рис. 2, Б).

На основе зафиксированных значений скоростей размыва речных берегов на наблюдательных участках

в 2010–2023 гг. они были ранжированы на 4 категории: низкая (скорость размыва менее 0.5 м/год), средняя (0.6–1.0 м/год), высокая (1.1–3.0 м). Согласно Своду правил «Геофизика опасных природных воздействий» [СП 115.13330.2016] отрезки рек со скоростями размыва берегов более 3.0 м/год, 1.0–3.0 м/год и 0.1–1.0 м/год относятся к территориям соответственно: весьма опасным, опасным и умеренно опасным.

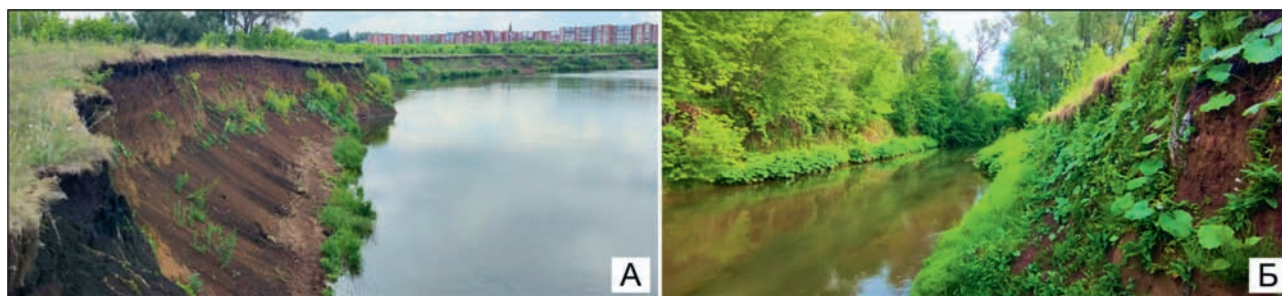


Рис. 2. Подмыв речных берегов

Условные обозначения: А – односторонний подмыв левого берега р. Белой у г. Стерлитамака; Б – двухсторонний подмыв берегов в нижнем течении р. Селеук (левый приток р. Белой). Фото А. И. Смирнова

Fig. 2. Riverbank scour

Legend: А – one-sided erosion of the left bank of the river. Belaya near Sterlitamak; Б – two-way erosion of the banks in the lower reaches of the river. Seleuk (left tributary of the Belaya River). Photo by A.I. Smirnov

Вполне естественно, что во временном разрезе, при любых геолого-геоморфологических условиях, активность размыва речных берегов находится в прямой зависимости от многоводности года. По данным ФГБУ «Башкирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» в последнее десятилетие уровни рек при прохождении максимальных руслоформирующих расходов в половодье характеризуется в основном значениями ниже среднегодовых, а уровни рек в половодье 2023 г. были ниже среднегодовых почти в 2.5 раза.

Высокие скорости размыва речных берегов в 10-летнем ряду наблюдений зафиксированы в 2013 и 2014 гг. (рис. 3), которые в последнее десятилетие на территории РБ отличались наибольшей многоводностью.

Максимальными они были в 2013 г. и достигали на реках: Ай — 4.0 м, Бол. Сурень — 2.4 м,

Белая — 2.2 м, Сюнь — 1.6 м, Бол. Инзер — 1.2 м [Смирнов, 2022]. В последние 7 лет (2017–2023 гг.) скорость размыва речных берегов на всей территории РБ в целом можно оценить как низкую, что обусловлено маловодностью этого периода в ряду наблюдений.

Низкие скорости размыва речных берегов практически не оказывают отрицательного воздействия на социально-экономические объекты Башкортостана, а средние — для рассматриваемого региона являются обычными.

Современная активность развития карста оценена по частоте возникновения новых карстовых провалов. Этот показатель является наиболее представительным параметром современной активности развития карста. Он опосредованно свидетельствует не только о скорости растворения и выщелачивания карстующихся пород, но вбирает в себя и все факторы, способствующие образова-

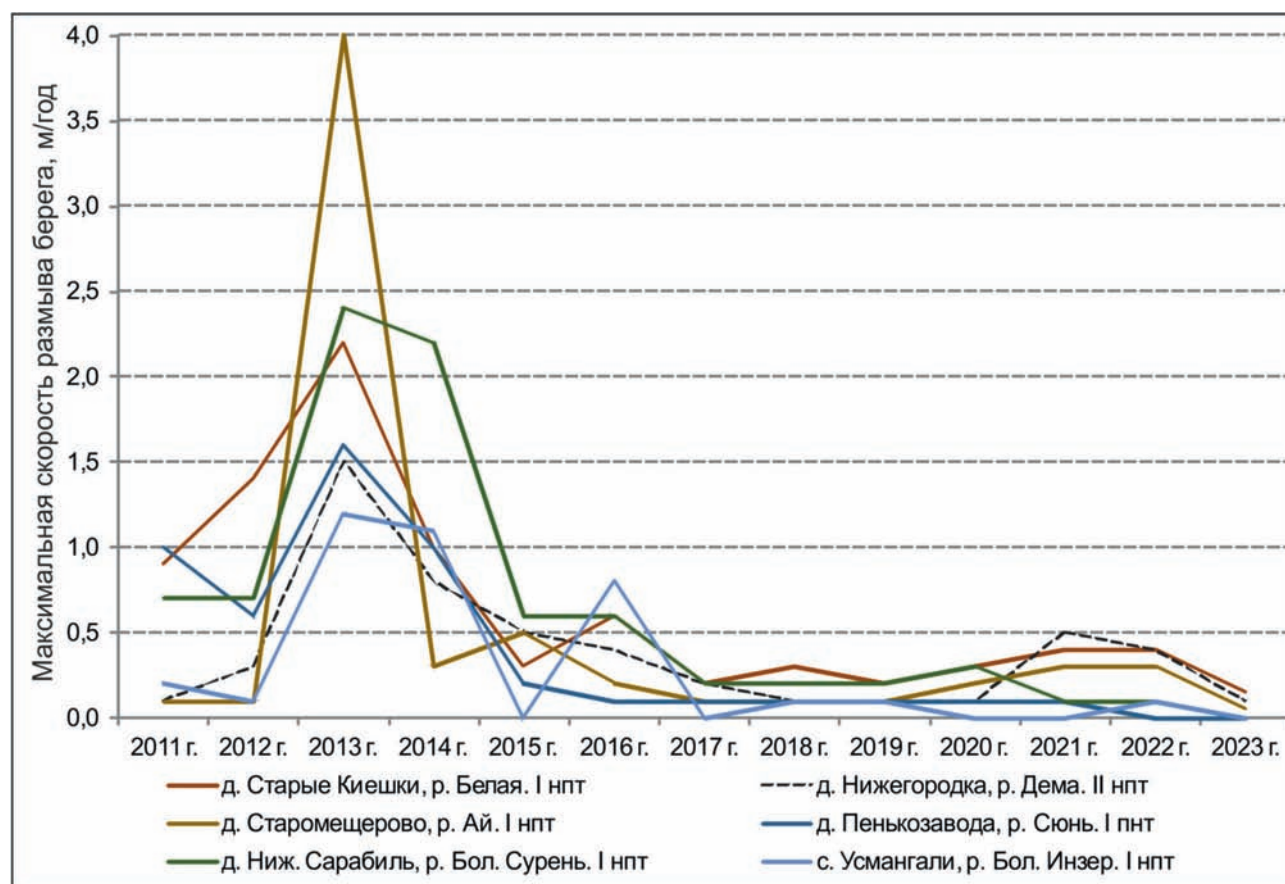


Рис. 3. Максимальные скорости размыва речных берегов на типичных участках, м/год

Условные обозначения: нпт – надпойменная терраса

Fig. 3. Maximum river bank scour rates at typical sites, m/year

Legend: нпт – river terrace above the floodplain

нию современных карстопроявлений, а активность провалообразования является важным показателем карстоопасности территории и регламентирован Сводом правил «Геофизика опасных природных воздействий» [СП 115.13330.2016].

Типы карста на территории РБ приведены на рис. 4, на котором в дополнение к карте карста В. И. Мартина [2002] отражены и нетрадиционные его типы.

Следует особо отметить, что в 2022 и 2023 гг. были опубликованы обзорные карты карста Южного Урала и Предуралья [Абдрахманов и др., 2022; Абдрахманов, Дурнаева, 2023], однако на них приведены только районы распространения карстующихся пород, геологическая индексация которых не соответствует современной международной геохронологической шкале и стратиграфическому кодексу. Более того, на них без пояснений территории городов Уфы, Благовещенска и Бирска, на которых неоднократно фиксировалось образование новых карстовых провалов, обусловленных развитием сульфатного карста, показаны вне его распространения. В то же время, в равнинной части Южного Предуралья по левобережью р. Белой без каких-либо обоснований показана большая площадь развития кластокарста, на которой достоверно зафиксирован лишь единственный факт образования кластокарстовых воронок при создании малого по объёму (0,9 км³) водохранилища на р. Агарды (левый приток р. Кармасан). Образование их вызвано фильтрацией воды в обход короткого левого плеча плотины водохранилища, вызвавшей суффозию и растворение сульфатного и карбонатного цемента в аргиллитоподобных глинах уфимского яруса. Диаметр воронок не превышал 2 м, а глубина 1 м [Мартин, 2002]. Образование других поверхностных проявлений кластокарста на юго-западе Башкортостана в последние 35 лет не фиксировалось, тогда как на северо-востоке республики с 1952 по 2020 гг. достоверно зафиксировано образование 8 крупных (диаметром до 30 м и глубиной до 32 м) и не менее 10 более мелких кластокарстовых провалов [Smirnov, 2021].

На основе созданной и постоянно пополняемой базы данных по карстовым провалам Башкортостана [Смирнов, 2020а, 2022] за последние 100 лет на территории республики достоверно установлено образование не менее 300 карстовых провалов с фиксированным временем образования. Из них почти половина зафиксирована в пределах г. Уфы [Епифанова, Смирнов, 2022, 2024], где учтены все

новые провалы независимо от их размеров, что обусловлено большей информативностью данных о них. За его пределами учтены только крупные (поперечником более 10 м и/или глубиной более 3 м), которые редко остаются незамеченными местным населением, но более мелкие остаются не учтёнными.

Исследованиями прошлых лет установлено, что наиболее часто карстовые провалы возникали в Южном Предуралье и обусловлены развитием сульфатного карста в нижнепермских гипсах кунгурского яруса на Прибельской равнине, а также в загипсованных и карбонатизированных песчаниках кошелёвской свиты кунгура (кластокарст) на Приайской равнине [Смирнов, 2020а]. В районах развития карбонатного и сульфатно-карбонатного карста современные провалы возникали значительно реже. За последние 100 лет в районах развития этих типов карста возникло не более 20 значительных карстовых провалов поперечником до 12 м и глубиной до 6 м [Смирнов, 2022].

Общим для всех современных карстовых провалов является их возникновение в районах с повышенной поражённостью территории поверхностными карстопроявлениями. Установлено, что это связано с унаследованностью образования современных провалов от развития карста в неоген-четвертичное время как по районам, так и по направленности активности процесса [Смирнов, 2020а].

Все провалы 2013–2023 гг. образования возникли в равнинном Предуралье и представлены карстово-гравитационными и техногенными провалами и просадками. Первые обусловлены обрушением сводов карстовых пустот в гипсах кунгурского яруса [Смирнов, 2024], вторые — обрушением сводов подземных коммуникаций и утечками из водонесущих систем в г. Уфе [Епифанова, Смирнов, 2024] (рис. 5).

Наибольшая частота образования карстовых провалов зафиксирована в 2016 (6 шт.) и 2023 (4 шт.) гг. в условиях развития закрытого (русского) и перекрытого (камского) типов карста, где карстующиеся гипсы кунгура залегают соответственно под терригенно-карбонатными породами уфимского яруса и аллювиальными плейстоценовыми отложениями. В эти годы наблюдались и самые масштабные по размерам провалы: в 2016 г. — поперечником до 60 м при глубине 20 м и в 2023 г. — глубиной 31 м при диаметре 30 м (см. рис. 5). При этом в 2023 г. зафиксированы самые глубокие карстово-гравитационные провалы за всю историю наблюдений (см. рис. 5, А и Б).

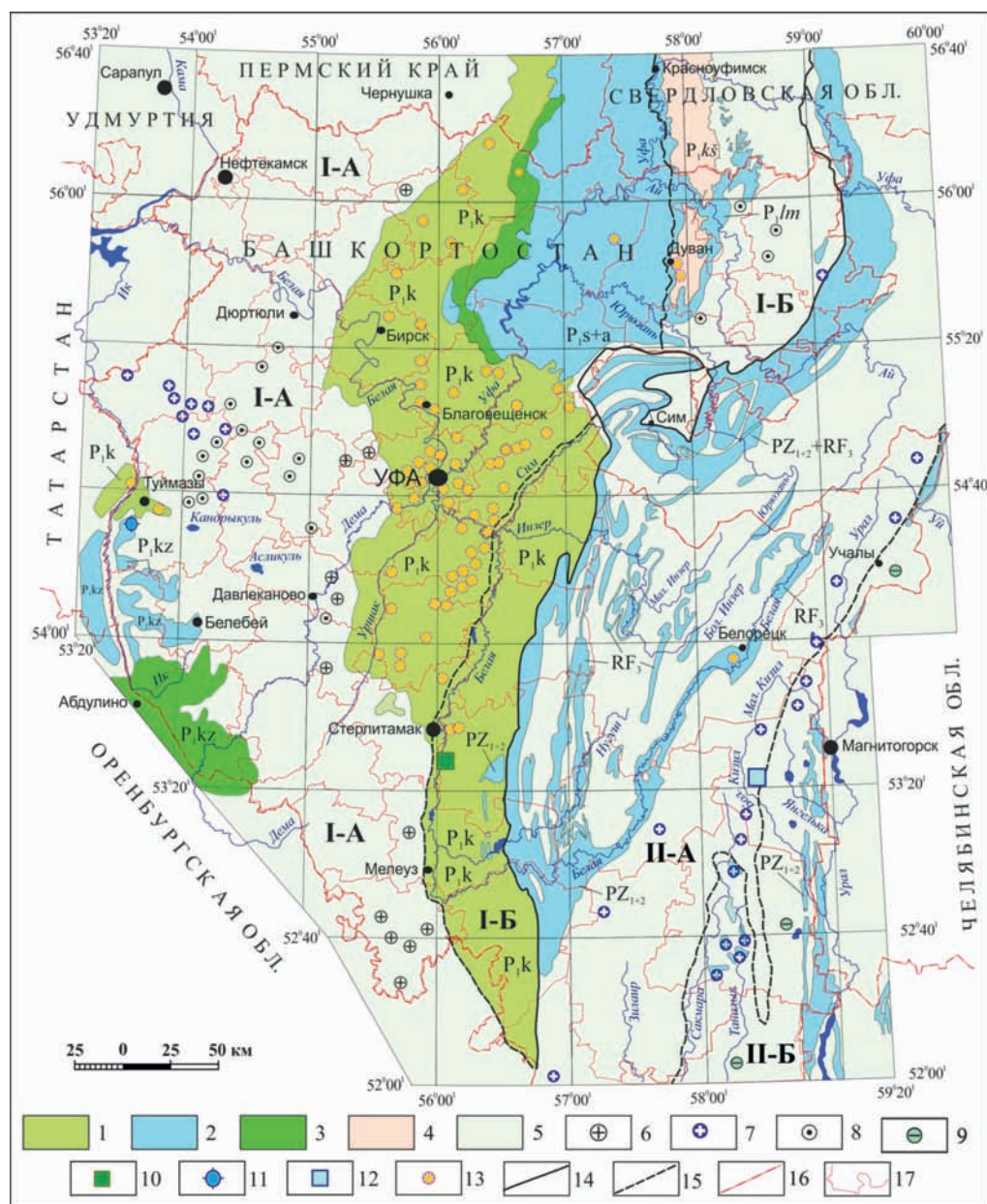


Рис. 4. Типы карста Южного Урала и Предуралья [Смирнов, 2023]

Условные обозначения: Карстовая страна Восточно-Европейской равнины (I): I-A – равнинный карст в горизонтально и пологозалегающих породах Предуралья; I-B – равнинный и предгорный карст Предуралья в пологозалегающих и слабо дислоцированных породах. Уральская карстовая страна (II): II-A – горный и предгорный карст в сильно дислоцированных образованиях Урала; II-B – равнинный карст в складчато-глыбовых отложениях Зауралья. Типы карста: 1 – сульфатный, 2 – карбонатный, 3 – сульфатно-карбонатный, 4 – кластокарст. 5 – территории с отсутствием карстопоявлений. Локальные проявления карста: 6 – сульфатного, 7 – карбонатного, 8 – кластокарста, 9 – сульфидного, 10 – соляного, 11 – известковых туфов, 12 – в мраморах. Карстовые провалы: 13 – с фиксированным временем образования. Границы: 14 – карстовых стран, 15 – типов карста по характеру рельефа и условиям залегания пород, 16 – субъектов РФ, 17 – муниципальных районов.

Fig. 4. Types of karst in the Southern Urals and Cis-Urals [Smirnov, 2023]

Legend: Karst country of the East European Plain (I): I-A – plain karst in horizontally and hollowly bedded rocks of the Cis-Urals; I-B – plain and foothill karst of the Urals in hollowly bedded and weakly dislocated rocks. Ural karst country (II): II-A – mountainous and foothill karst in strongly dislocated formations of the Urals; II-B – plain karst in folded clastic deposits of the Trans-Urals. Types of karst: 1 – sulfate, 2 – carbonate, 3 – sulfate-carbonate, 4 – clastokarst. 5 – territories with no karst occurrences. Local manifestations of karst: 6 – sulfate karst, 7 – carbonate karst, 8 – clastokarst, 9 – sulfide karst, 10 – salt karst, 11 – calcareous tuffs, 12 – in marbles. Karst sinkholes: 13 – with fixed time of formation. Boundaries: 14 – karst countries, 15 – karst types by relief character and rock occurrence conditions, 16 – subjects of the Russian Federation, 17 – municipal districts.



Рис. 5. Провалы земной поверхности на территории Башкортостана в 2020–2023 гг.

Условные обозначения: Карстовые провалы, обусловленные развитием сульфатного карста: в условиях закрытого (А и Б) и перекрытого (В и Г) карста: А – Мишкинский район, 1.1 км СЗ д. Кигазытамаково, колодецеобразный провал диаметром 10 м глубиной 15 м, дата образования 03.05.2023; Б – Балтачевский район, в 1.2 км к востоку от СВ оконечности д. Кунтугушево, колодецеобразный провал диаметром 30 м, глубиной 31 м, дата образования 18.09.2023; В – Стерлитамакский район, 0.2 км СВ карьера Шахтау, чашеобразный провал размером с поверхности 14.2x16.4 м глубиной 2.4 м, дата образования 10.05.2023; Г – Благовещенский район, 0.17 км ЮВ от южного въезда в д. Новоминзитарово, чашеобразный провал размером с поверхности 9.7x9.0 м, глубиной 3.0 м, дата образования 26.10.2023 [Смирнов, 2024]. Техногенные провалы над ливневыми коллекторами: Д – г. Уфа, ул. Блюхера, 14; колодецеобразный провал диаметром 3–3.5 м, глубиной 4.0 м, дата образования 10.08.2023, фото П.Е. Челпанова; Е – г. Уфа, перекресток ул. Коммунистической и Цурюпа, колодецеобразный провал поперечником 3.9x5.4 м, глубиной 2.8–3.4 м, дата образования 02.07.2021. Фото А.И. Смирнова; Ж – г. Уфа, ул. Запотоцкого, 62, просадка грунта, вызванная утечкой из водонесущих коммуникаций поперечником 30–40 м, глубиной до 1.5 м, дата образования 10–14.05.2020. Фото А.И. Смирнова

Fig. 5. Earth surface failures on the territory of Bashkortostan in 2020–2023

Legend: Karst sinkholes caused by the development of sulfate karst: in conditions of closed (A and B) and overlapped (B and G) karst: A – Mishkinskiy district, 1.1 km NW of Kigazitamakovo village, 10 m deep well-shaped failure 15 m in diameter, date of formation 03.05.2023; B – Baltachevsky district, 1.2 km to the east from the NE end of Kuntugushevo village, well-shaped dip 30 m in diameter, 31 m deep, date of formation 18.09.2023; B – Sterlitamaksky district, 0.2 km to the NE of Shakhtau quarry, bowl-shaped dip measuring 14.2x16.4 m from the surface, 2.4 m deep, date of formation 10. 05.2023; G – Blagoveshchensky district, 0.17 km SE of the southern entrance to the village of Novominzitarovo, bowl-shaped dip with the surface size 9.7x9.0 m, depth 3.0 m, date of formation 26.10.2023 [Smirnov, 2024]. Technogenic failures over storm sewers: D – Ufa city, 14, Blucher St.; well-shaped sinkhole with a diameter of 3–3.5 m, depth 4.0 m, date of formation 10.08.2023, photo by P.E. Chelpanova; E – Ufa city, intersection of Kommunisticheskaya St. and Tsuruyupa St., well-shaped dip with a cross section of 3.9x5.4 m, depth 2.8–3.4 m, date of formation 02.07.2021. Photo by A.I. Smirnov; Zh – Ufa, Zapototskogo street, 62, ground subsidence caused by leakage from water-carrying communications with a cross section of 30–40 m, depth up to 1.5 m, date of formation 10–14.05.2020. Photo by A. I. Smirnov

Провалы в 2023 г., как и в предыдущие годы, возникли в периоды весеннего и осеннего максимумов трещинно-карстовых вод, то есть их образование обусловлены гидрометеофакторами [Смирнов, 2024].

В последние десятилетие новые природные карстопроявления на территории РБ какого-либо существенного отрицательного воздействия не оказали, поскольку возникли они вне селитебных зон и не получили широкого общественного резонанса.

Современная активность развития оползневого процесса. Оползни в рассматриваемом регионе пользуется относительно ограниченным распространением, хотя их воздействие на объекты экономики не менее ощутимо, чем от других проявлений ЭГП. Из-за развития в апреле 2007 г. оползневых смещений объемом около 50 тыс. м³ на правом склоне долины р. Стерля в г. Стерлитамаке, под угрозой разрушения оказались 4 коттеджа. В 2013 г. для снижения активности развития оползня в его теле сооружены дренажные колодцы, из которых по трубам грунтовые воды отведены в р. Стерля, по фронту оползня длиной ~200 м воздвигнуты подпорные бетонные стенки, а его цирк засыпан песчано-гравийной смесью [Смирнов, 2022]. В результате активное развитие оползневого процесса приостановилось.

По механизму образования оползневые смещения в рассматриваемом регионе представлены оползнями сдвига, оползнями скольжения и оползнями потоками. По строению они в большинстве

случаев являются асеквентными и инсеквентными, значительно реже консеквентными, а по возрасту подразделяются на древние (доголоценовые), образовавшиеся в периоды формирования палеодолин рек и современные, развитие которых связано с голоценовым врезом эрозионной сети.

Древние оползни распространены, главным образом, в Предуралье на Бугульмино-Белебеевской возвышенности и Прибельской холмисто-увалистой равнине и детально охарактеризованы в работе [Смирнов, 2022].

Современные оползни распространены в основном в равнинных частях региона и развиты преимущественно в суглинисто-глинистых плейстоценовых и неогеновых отложениях, очень редко в уфимских терригенных породах (консеквентные оползни). По механизму образования они представлены главным образом оползнями сдвига и оползнями потоками. Длина по фронту первых обычно составляет 60–80 м (редко до 250 м), ширина захвата — 10–15 м (до 30 м), амплитуда смещения — не более 20 м. У вторых соответственно: 10–15 (иногда до 150) м, 5–15 (редко до 100) м и 1–3 (до 7) м.

В последнее десятилетие оползневые смещения возникали в 2013, 2017, 2019 и 2023 гг. Основная их часть образовывалась в г. Уфе и его окрестностях и связана с незарегулированным поверхностным стоком территории в год с повышенной увлажненностью территории (2013 г.) и с искусственной подрезкой склонов (2017 г.,

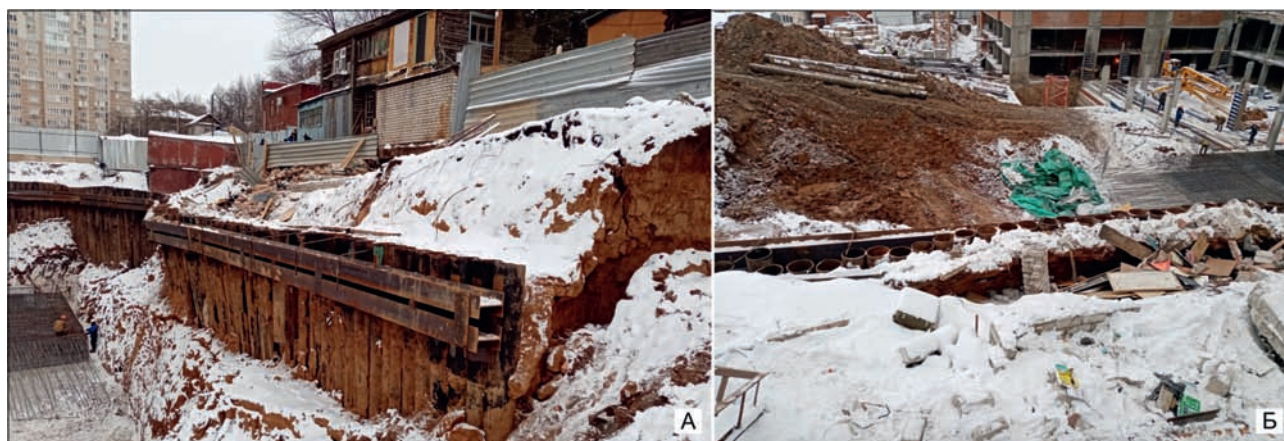


Рис. 6. Оползень в северо-восточном борту котлована, строящегося дома на ул. Коммунистической рядом с д. 106
Условные обозначения: А – общий вид с подпорной стенкой, Б – вид сверху на линию отрыва вдоль подпорной стенки. Дата образования 03.12.2019. Фото А. И. Смирнова.

Fig. 6. Landslide in the northeast side of the excavation, house under construction on Kommunisticheskaya Street near building 106

Legend: А – general view with retaining wall, Б – top view of the breakaway line along the retaining wall. Date of formation 03.12.2019. Photo by A. I. Smirnov.

2019 г.). Наиболее значительный из них образовался на ул. Коммунистической д. 106 (рис. 6).

За пределами г. Уфы в 2023 г. отделением мониторинга по РБ Приволжского филиала регионального центра ГМСН ФГБУ «Гидроспецгеология» зафиксировано образование оползня сдвига на юг-юго-западной окраине с. Кумурлы Архангельского района РБ. Оползень образовался на крутом подмываемом уступе второй надпойменной террасы долины р. Инзер высотой 10–15 м в начале апреля. Оползневому смещению подверглись верхнеплейстоценовые супеси и суглинки с включениями гальки, которые прекратились к концу сентября 2023 г. Длина оползня по фронту составила 130 м, ширина и мощность захвата составили соответственно 40–47 и 10–12 м (рис. 7).

Следует отметить, что в с. Кумурлы на правом берегу р. Инзер к юго-западу от оползня 2023 г. образования в аналогичных геолого-геоморфологических условиях в начале 1980-х гг. уже фиксировались оползневые смещения длиной по фронту до 250 м и шириной захвата 10–15 м с амплитудой смещения 9–16 м (Смирнов, Ткачев, 1986ф).

Оценивая активность развития оползневого процесса в целом по региону её можно определить в рассматриваемой период, как низкую, с наибольшей активностью его развития на урбанизированных территориях, где образование оползней часто вызвано техногенезом.

Выводы

Из всех развитых на рассматриваемой территории ЭГП самым распространенным видом является боковая эрозия рек, которая в количественном отношении оказывает и наибольшее воздействие на населенные пункты РБ. В многолетнем разрезе активность ее развития в последнее десятилетие по всей территории региона оценивается как слабая и средняя при наибольшей активности в Южном Предуралье. Высокие скорости размыва берегов зафиксированы в 2012–2014 гг. отличавшиеся в ряду наблюдений наибольшей многоводностью.

Если подмыв и разрушение берегов рек прогнозируемы в пространстве, а при наличии прогноза гидрометеорофакторов и во времени, что позволяет заблаговременно осуществлять берегоукрепительные мероприятия, то современные проявления карстового процесса на поверхности во времени неожиданны и пока слабо предсказуемы, поэтому карст — самый опасный вид ЭГП в регионе. Наивысшая активность его развития характерна для районов распространения сульфатного карста. Современная активность его развития в последние 10 лет, определенная по частоте образования карстовых провалов, в целом по рассматриваемому региону оценивается выше среднемноголетней при аномально высокой активности провалообразования в Южном Предуралье в 2016 и 2023 гг.

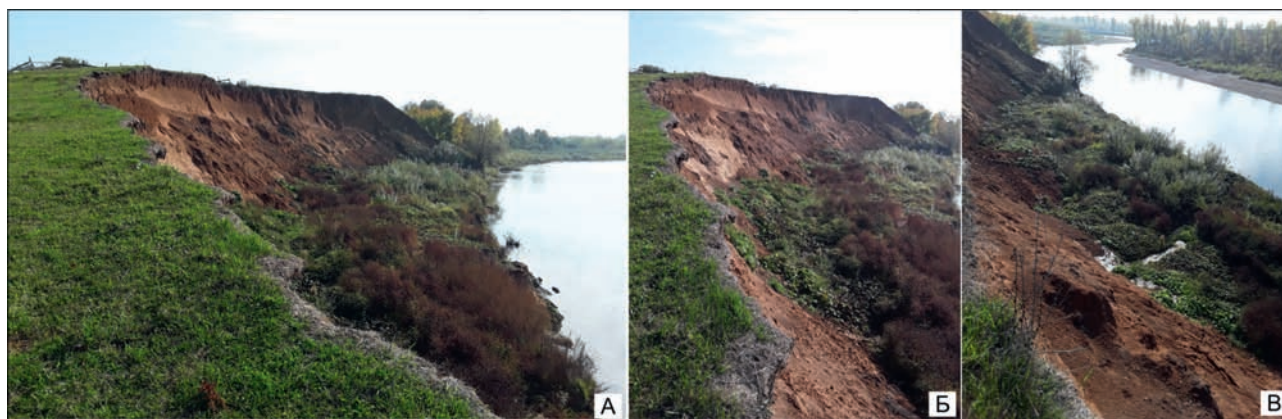


Рис. 7. Оползень на ЮЮЗ окраине с. Кумурлы Архангельского района в 2023 г.

Условные обозначения: А – общий вид, Б – средняя часть оползневой тела. В – нижняя часть оползневой тела, сильно увлажненная с выходами грунтовых вод. Фото О. В. Садыковой.

Fig. 7. Landslide on the south-southwest edge of the Kumurly village outskirts of Arkhangelsk district in 2023

Legend: A – general view, Б – middle part of the landslide body, В – lower part of the landslide body, strongly moistened with groundwater outlets. Photo by O. V. Sadykova.

Оползневой процесс на территории РБ развит локально. Современная активность его развития в рассматриваемый период оценена как низкая.

Другие развитые в регионе ЭГП существенного отрицательного воздействия на социально-экономические объекты Башкортостана в последнее десятилетие не оказывали.

Список литературы

Абдрахманов Р. Ф., Дурнаева В. Н. Карта карста Южного Урала и Предуралья. В сборнике: Гидрогеология и карстование. Межвузовский сборник научных трудов. Пермь: изд-во Пермского государственного национального исследовательского университета. 2023. С. 70–74.

Абдрахманов Р. Ф., Полева А. О., Дурнаева В. Н., Бакиева А. Р., Еранов Е. А., Носарева С. П. Карст Южного Урала и Предуралья, современная активность его развития // Геологический вестник. 2022. № 1. С. 3–22. DOI: 10.31084/2619-0087/2022-1-1

Епифанова Д. Р., Смирнов А. И. Современная активность карстовых и техногенных провалов на территории Уфимского «полуострова» // Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий. 2022. № 10. С. 224–229.

Епифанова Д. Р., Смирнов А. И. Условия и факторы образования карстовых провалов на «Уфимском полуострове» // Геонауки: современные вызовы и пути решения, 2024. С. 498–502.

Мартин В. И. Типы и районирование карста Башкортостана // Карст Башкортостана. Уфа: Информреклама, 2002. С. 133–177.

Рождественский А. П. Новейшая тектоника и развитие рельефа Южного Приуралья. М.: Наука, 1971. 286 с.

Свод правил СП 115.13330.2016. Геофизика опасных природных воздействий. Актуализированная редакция СНиП 22-01-95. М.: Стандартинформ. Издание официальное, 2018. 31 с.

Смирнов А. И. Генетические типы и формы рельефа. Атлас Республики Башкортостан / Гл. ред. И. М. Япаров. Уфа: Омская картогр. ф-ка, Роскартография, 2005. с. 65.

Смирнов А. И. Современные карстовые провалы на территории Южного Урала и Предуралья (в границах Республики Башкортостан) // Инженерная геология. 2020а. Т. 15, № 4. С. 42–53. DOI: 10.25296/1993-5056-2020-15-4-42-53

Смирнов А. И. Чрезвычайные ситуации, вызванные карстом на Южном Урале и в Предуралье // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2020б. Т. 37, № 4 (100). С. 29–39.

Смирнов А. И. Виды и современная активность развития опасных геологических процессов на Южном Урале и в Предуралье // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2022. № 2. С. 338–347. DOI: 10.31857/S0869780922020084

Смирнов А. И. Нетрадиционные типы карста Южного Урала и Предуралья // Геоэкология. Инженерная геология,

гидрогеология, геокриология. 2023. № 3. С. 26–36. DOI: 10.31857/S0869780923030104

Смирнов А. И. Аномально крупные карстовые провалы на Южном Урале и в Предуралье 2023 года образования / Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. М.: Геоинфо, 2024. С. 90–94.

Смирнов А. И., Ткачев В. Ф. Инженерно-геологические условия строительства / Гл. ред. И. М. Япаров. Уфа: Омская картогр. ф-ка, Роскартография, 2005. С. 66–67.

Якимович В. Л. Этапы геологического развития Башкирского Предуралья в неогене // Стратиграфия неогена востока Европейской части СССР. М.: Недра, 1971. С. 45–64.

Smirnov A. I. Clastocarst of the Southern Cis-Urals / Proceedings of the International Conference «Science and innovations 2021: development directions and priorities» (September 29, 2021. Melbourne, Australia). Melbourne: Scientific publishing house Infinity, 2021. P. 179–187. DOI: 10.34660/INF.2021.29.35.016

Smirnov A. I. Types and current development activity of hazardous geological processes in the Southern Urals and the Cis-Ural region // Doklady Earth Sciences. 2022. Т. 507, № S1. P. S173 — S184. DOI: 10.1134/S1028334X22601584

References

Abdrahmanov R. F., Durnaeva V. N. (2023) Karta karsta Juzhnogo Urala i Predural'ja [Map of karst of the Southern Urals and Cis-Urals]. In the collection: *Hydrogeology and karstology. Interuniversity collection of scientific papers*. Perm, 70–74. (In Russian).

Abdrahmanov R. F., Poleva A. O., Durnaeva V. N., Bakieva A. R., Eranov E. A., Nosareva S. P. (2022) Karst Juzhnogo Urala i Predural'ja, sovremennaja aktivnost' ego razvitija [Karst of the Southern Urals and Cis-Urals, modern activity of its development]. *Geologicheskii vestnik*. No. 1, 3–22. (In Russian). DOI: 10.31084/2619-0087/2022-1-1

Epifanova D. R., Smirnov A. I. (2022) Sovremennaja aktivnost' *karstovyh i tehnogenykh provalov na territorii Ufimskogo «poluostrova» [Current activity of karst and man-made sinkholes on the territory of the Ufa «peninsula»]. *Geology, geoecology and resource potential of the Urals and adjacent territories*. No. 10, 224–229. (In Russian).

Epifanova D. R., Sminov A. I. (2024) Uslovija i faktory obrazovanija karstovykh provalov na «Ufimskom poluostrove» [Conditions and factors for the formation of karst sinkholes on the «Ufa Peninsula»]. *Geosciences: modern challenges and solutions*. 498–502. (In Russian).

Martin V. I. (2002) Tipy i rajonirovanie karsta Bashkortostana [Types and zoning of karst in Bashkortostan]. *Karst of Bashkortostan*. 133–177. (In Russian).

Rozhdestvenskij A. P. (1971) *Noveishaya tektonika i razvitie rel'efa Yuzhnogo Priural'ja* [The latest tectonics and development of the relief of the Southern Cis-Urals]. Moscow: Science, 286 p. (In Russian).

Svod pravil SP 115.13330.2016 (2018) Geofizika opasnyh prirodnyh vozdeystvij. Aktualizirovannaja redakcija SNIp 22-01-95 [Set of rules SP 115.13330.2016 Geophysics of hazardous natural impacts. Updated version of SNIp 22-01-95]. Moscow: Standartinform. Izdanie oficial'noe, 31 p. (In Russian).

Smirnov A. I. (2005) Geneticheskie tipy i formy rel'efa. Atlas Respubliki Bashkortostan [Genetic types and landforms]. *Atlas of the Republic of Bashkortostan, Editor-in-Chief I. M. Yaparov. Ufa: Omsk cartography. factory, Roscartography.* 65. (In Russian).

Smirnov A. I. (2020) Sovremennye karstovye provaly na territorii Juzhnogo Urala i Predural'ja (v granicah Respubliki Bashkortostan) [Modern karst sinkholes in the Southern Urals and Cis-Urals (within the borders of the Republic of Bashkortostan)]. *Engineering Geology World*, Vol. XV, No. 4, 42–53. (In Russian). DOI: 10.25296/1993-5056-2020-15-4-42-53

Smirnov A. I. (2020) Chrezvychajnye situacii, vyzvannye karstom na Juzhnom Urale i v Predural'e [Karst-induced emergency situations in the Southern Urals and the Cis-Urals]. *Vestnik of the academy of sciences of the Respublik Bashkortostan*. Vol. 37, No. 4 (100), 29–39. (In Russian). DOI: 10.24411/1728-5283-2020-10404

Smirnov A. I. (2022) Vidy i sovremennaja aktivnost' razvitiya opasnyh geologicheskikh processov na Juzhnom Urale i v Predural'e [Types and current activity in development of hazardous geological processes in the Southern Urals and Cis-Urals]. *Geocology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology*. No. 2, 338–47. (In Russian). DOI: 10.31857/S0869780922020084

Smirnov A. I. (2023) Netradicionnye tipy karsta Juzhnogo Urala i Predural'ja [Non-traditional karst types in the Southern

Urals and Cis-Urals]. *Geocology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology*. No 3, 26–36. (In Russian). DOI: 10.31857/S0869780923030104

Smirnov A. I. (2024) Anomal'no krupnye karstovye provaly na Juzhnom Urale i v Predural'e 2023 goda obrazovaniya [Anomalously large karst failures in the Southern Urals and Cis-Urals in 2023]. *Materials of the annual session of the Scientific Council of the Russian Academy of Sciences on problems of geocology, engineering geology and hydrogeology*. Moscow: Geoinfo. 90–94. (In Russian).

Smirnov A. I., Tkachev V. F. (2005) Inzhenerno-geologicheskie uslovija stroitel'stva [Engineering and geological conditions of construction]. *Atlas of the Republic of Bashkortostan, Editor-in-Chief I. M. Yaparov. Ufa: Omsk cartography. factory, Roscartography.* 66–67. (In Russian).

Jahimovich V. L. (1971) Jetapy geologicheskogo razvitiya Bashkirskogo Predural'ja v Neogene [Stages of geological development of the Bashkir Cis-Urals in the Neogene]. *Neogene stratigraphy of the eastern European part of the USSR*. Moscow: Nedra, 45–64. (In Russian).

Smirnov A. I. (2021) Clastocarst of the Southern Cis-Urals. Proceedings of the International Conference «Science and innovations 2021: development directions and priorities» (September 29, 2021. Melbourne, Australia). Melbourne: Scientific publishing house Infinity, 179–187. DOI: 10.34660/INF.2021.29.35.016

Smirnov A. I. (2022) Types and current development activity of hazardous geological processes in the Southern Urals and the Cis-Ural region. *Reports of the Academy of Sciences*. Vol. 507, No. S1, 173–184. DOI: 10.1134/S1028334X22601584

Сведения об авторе:

Смирнов Александр Ильич, кандидат геол.-мин. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа, smalil@mail.ru

About the author:

Smirnov Alexandr Il'ich, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRS RAS), Ufa, smalil@mail.ru

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 22.05.2024; одобрена после рецензирования 24.05.2024; принята к публикации 22.07.2024

The article was submitted 22.05.2024; approved after reviewing 24.05.2024; accepted for publication 22.07.2024