

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 1:200 000 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 Западнозилайрской 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 Восточнозилайрской 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 Западнозилайрской 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-

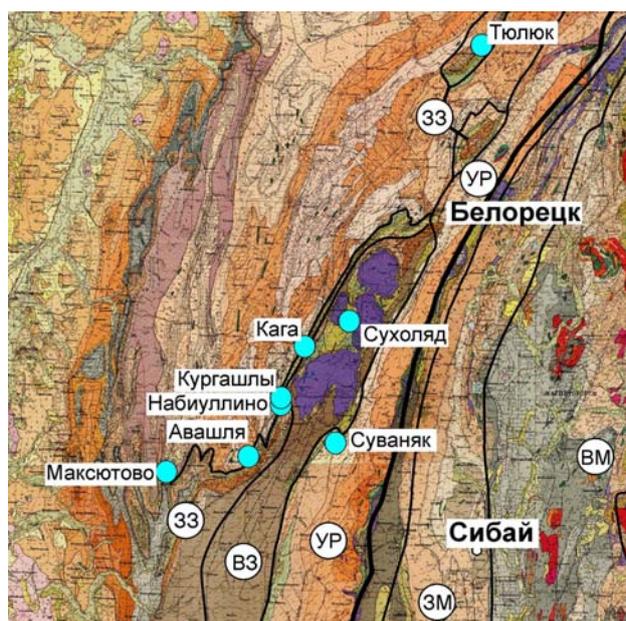


Рис. 1. Фрагмент геологической карты Урала 1:500 000 (1979 г.) с местами находок ихнофоссилий

Условные обозначения: 33 – Западнозилайрская, B3 – Восточнозилайрская, UP – Уралтау, 3M – Западномагнитогорская, BM – Восточномагнитогорская зоны.

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

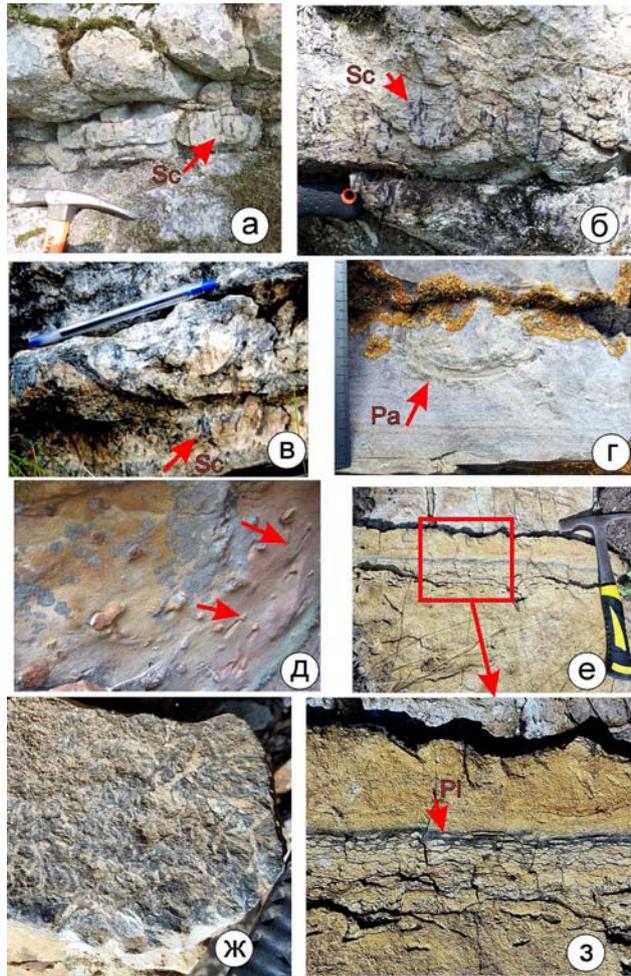
Legend: 33 – West Zilair zone, B3 – East Zilair, UP – Uraltau, 3M – West Magnitogorsk zone, BM – East Magnitogorsk zone.

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

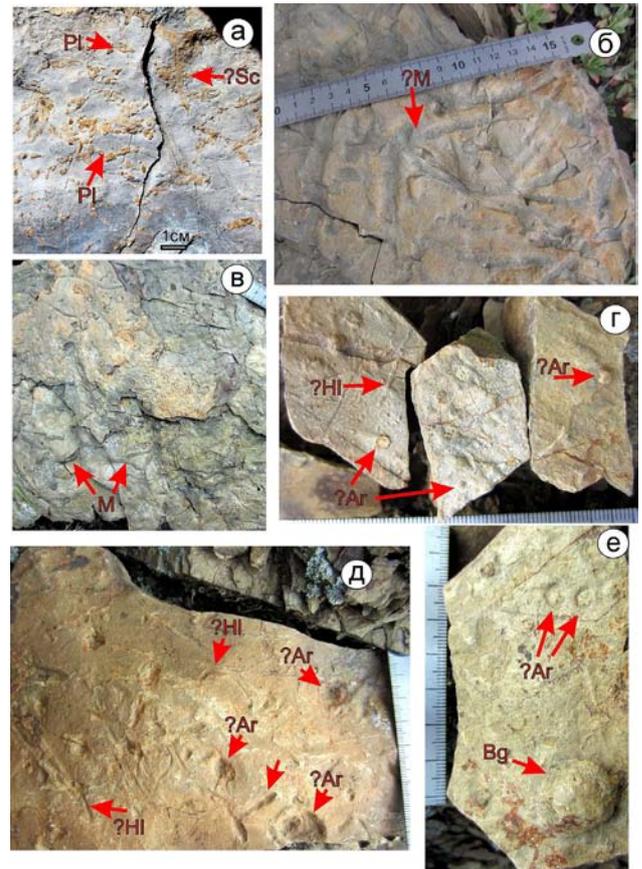


Фототаблица 1. Иchnofossilii из тирляно-кагинской толщи

а, б – *Skolithos linearis* Haldeman (Sc) и *Polykladichnus* isp. (разветвленные различия 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-Kagin 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. Иchnofossilii из тирляно-кагинской и сухояльской толщ

а – *Planolites* isp. (Pl), *Scolithos* isp. (?Sc) поперечное сечение слоя в тирляно-кагинской толще из разреза Набиуллино; 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 сухоядской толщи считается слабо метаморфизованные 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 флишoidalная 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) сухоядской толщи из разреза Сухояд; 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 цериантидных или актинариевых анемонов [Pemberton et al., 1988]. Нахождение в глубоководных отложениях возможно, хотя чаще встречаются в более мелководных ихнофациях.

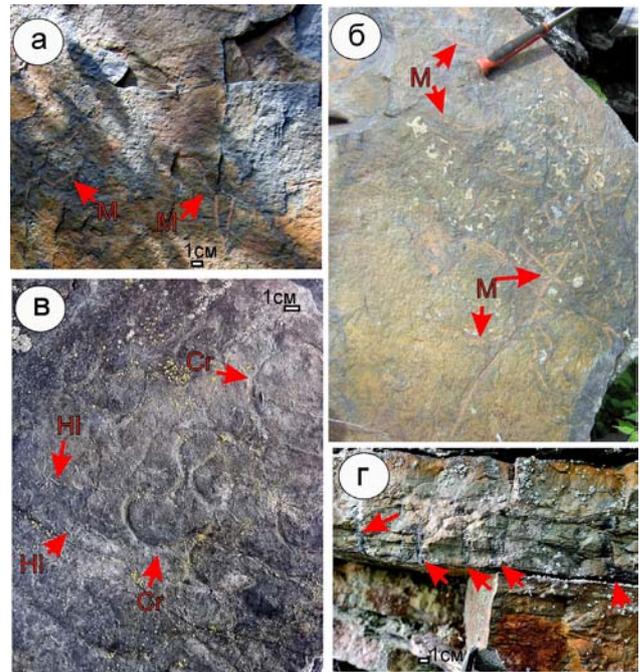
Распространение. Сухолядская толща Восточно-нозилайрской зоны Южного Урала.

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 прожигивания (*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., *Cosmorhaphé* isp., *Helminthopsis* isp., *Megagraptón* isp. ихнофации *Nereites*.

Косо-, волнистослоистые, массивные разнородные 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 Набиуллино 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 1:200 000 [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