

Новые данные о каменноугольных отложениях южной части Восточно-Тиманского мегавала

Е. С. Пономаренко¹, Р. М. Иванова², П. А. Безносков^{1,3}

¹Институт геологии им. академика Н.П. Юшкина ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 54, e-mails: esponomarenko@geo.komisc.ru; Beznosov@geo.komisc.ru

²Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого УрО РАН, 620110, г. Екатеринбург, ул. Академика Вонсовского, 15, e-mail: geoivanur@mail.ru

³Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18

Поступила в редакцию 12.01.2023 г., принята к печати 17.02.2023 г.

Объект исследований. Среднекаменноугольные отложения, вскрытые горными выработками в водораздельной части Южного Тимана. **Материал и методы.** Материалом для статьи послужило полевое описание разрезов и штурфы пород (26 образцов), изученные классическими оптическо-микроскопическими методами. Для микропалеонтологического анализа дополнительно были изготовлены ориентированные шлифы (97 шт.). Изучение комплекса ихнофоссилий проводилось как по сборам образцов пород, содержащих ходы ископаемых организмов, так и по полевым фотографиям. Для определения фазового состава глинистой фракции по дифрактограммам были использованы четыре ориентированных образца. **Результаты.** Установлено, что в карьере “Ихнитовый” обнажены породы аскынбашского (2.7 м), ташастинского (1.4 м) и акавасского (2.5 м) горизонтов башкирского яруса, а в разрезе “Выемка” вскрыты отложения верхней части верейского горизонта московского яруса (1.9 м). Разрез карьера “Ихнитовый” имеет отчетливо циклическое строение. Основание циклов выделяется по появлению кораллово-водорослевых известняков, выше которых залегают тонкоплитчатые известняковые (био-класто-пелоидные) тонкозернистые песчаники. Зеленоватые иллит-хлоритовые глины накапливались в наиболее мелководных условиях. Карбонатные осадки испытали две стадии цементации, разделенные фазой уплотнения. Для разреза карьера “Ихнитовый” установлен ихнокомплекс, характеризующий крузиановую ихнофаунацию. Разрез “Выемка” интересен присутствием в нем представителей рода *Eofusulina*, а также классических карбонатных темпеститов. **Заключение.** Накопление башкирских отложений происходило в мелководных затишных условиях (кораллово-водорослевые известняки) и на низкоградиентной литоральной равнине (тонкозернистые известняковые песчаники) со слабым движением вод (вероятно, малоамплитудных приливов). Иллит-хлоритовые глины указывают на накопление эолового материала (глинистых частиц) в запрудах.

Ключевые слова: башкирский ярус, московский ярус, парасеквенции, фораминиферы, ихнофоссилии, мелководно-морские и лагунные среды

Источник финансирования

Работа была выполнена в рамках тем НИР “Осадочные формации: вещество, седиментация, литогенез, геохимия, индикаторы литогенеза, реконструкция осадконакопления” (№ 1021062311457-5-1.5.6), “Эволюция биоты и среды ее обитания как основа расчленения и геологической корреляции осадочного чехла Печорской плиты и ее складчатого обрамления” (№ 1021062311460-9-1.5.3) и при поддержке государственного задания ИГГ УрО РАН (№ АААА-А18-1180525900245-8) и программы Казанского (Приволжского) федерального университета “Приоритет 2030”

New Data on Carboniferous Deposits in the Southern Part of the East-Timan Megaswell

Evgeniy S. Ponomarenko¹, Rimma M. Ivanova², Pavel A. Beznosov^{1,3}

¹N.P. Yushkin Institute of Geology, FRC Komi SC UB RAS, 54 Pervomayskaya st., Syktывkar 167000, Russia, e-mails: esponomarenko@geo.komisc.ru; Beznosov@geo.komisc.ru

²A.N. Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, 15 Academician Vonsovsky st., Ekaterinburg 620110, Russia, e-mail: geoivanur@mail.ru

³Kazan Federal University, 18 Kremlevskaya st., Kazan 420008, Russia

Received 12.01.2023, accepted 17.02.2023

Для цитирования: Пономаренко Е.С., Иванова Р.М., Безносков П.А. (2023) Новые данные о каменноугольных отложениях южной части Восточно-Тиманского мегавала. *Литосфера*, 23(3), 325-347. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2023-23-3-325-347>

For citation: Ponomarenko E.S., Ivanova R.M., Beznosov P.A. (2023) New Data on Carboniferous Deposits in the Southern Part of the East-Timan Megaswell. *Lithosphere (Russia)*, 23(3), 325-347. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2023-23-3-325-347>

Research subject. Lower Pennsylvanian deposits exposed by mine excavations in the watershed part of South Timan. **Materials and methods.** The research material included data obtained by a field description of sections and an optical microscopy analysis of rock samples (26 specimens). For micropaleontological analysis, oriented thin-sections (97 specimens) were additionally prepared. Trace fossil taxa were determined based on both field photographs and collected specimens. Four oriented rock samples were used to determine the phase composition of the clay fractions from diffraction patterns. **Results.** The rocks of the Askynbashian (2.7 m), Tashastian (1.4 m), and Akavasian (2.5 m) Regional Stages of the Bashkirian Stage are exposed in the Ikhnitovyi quarry, and the Upper Vereiskian deposits of the Moscovian Stage (1.9 m) are exposed in the Vyemka section. The Ikhnitovyi quarry section exhibits a distinctly cyclic pattern. The cycle bases are distinguished by the appearance of coral and algae limestones, above which thin bedded fine-grained bioclastic and peloidal limestones occur. Greenish illite and chlorite clays indicate shallow sedimentation environments. The carbonate sediments experienced two cementation stages separated by the phase of compaction. The trace fossil assemblage recognized in the Ikhnitovyi quarry characterizes *Cruziana* ichnofacies. The Vyemka section is of particular interest due to the find of *Eofusulina* and the presence of typical carbonate tempestites. **Conclusions.** The Bashkirian deposits were accumulated under quiet shallow-water conditions (coral and algae limestones), on low-gradient tidal flats (fine-grained grainstones), and under a low hydrodynamic activity (probably low-amplitude tides). The illite and chlorite clays identify the accumulation of aeolian material (clay paticles) in ponds.

Keywords: Bashkirian, Moscovian, parasequences, foraminifers, trace fossils, shallow-marine and lagoon environments

Funding information

This work was carried out within the framework of the research projects of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (No. 1021062311457-5-1.5.6 and No. 1021062311460-9-1.5.3), and has been supported by the Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry of the UB of the RAS (No. AAAA-A18-1180525900245-8) and the Kazan Federal University program "Priority 2030"

Acknowledgements

During the field work, a substantial assistance was provided by S.N. Ignatov. Field photographs of trace fossils were taken by V.A. Saldin (Senior Researcher at the Laboratory of Lithology and Geochemistry of Sedimentary Formations, Yushkin Institute of Geology FRC Komi SC RAS, Syktyvkar) and by S.N. Ignatov. Oriented thin-sections were prepared by N.A. Bayborodina (Center for Sample Preparation and Processing of Stone Material of the Yushkin Institute of Geology FRC Komi SC RAS, Syktyvkar). Photographing of microfossils was carried out by A.N. Shadrin, Junior Researcher at the Laboratory of Lithology and Geochemistry of Sedimentary Formations, Yushkin Institute of Geology FRC Komi SC RAS, Syktyvkar). X-ray diffraction analysis of clays was carried out by Yu.S. Simakova (Senior Researcher at the Laboratory of Mineralogy, Yushkin Institute of Geology FRC Komi SC RAS, Syktyvkar), samples for analysis were prepared by V.A. Isakov (geologist at the Laboratory of the Cenozoic geology, Yushkin Institute of Geology FRC Komi SC RAS, Syktyvkar). Valuable comments on the manuscript were made by E.V. Mychko (Senior Researcher at the Shirshov Institute of Oceanology RAS, Kaliningrad) and A.I. Antoshkina (Chief Researcher at the Laboratory of Lithology and Geochemistry of Sedimentary Formations, Yushkin Institute of Geology FRC Komi SC RAS, Syktyvkar). We express our deep appreciation to all the mentioned persons.

ВВЕДЕНИЕ

Среднекаменноугольные отложения широко развиты в пределах Южного Тимана, однако сколько-либо полные разрезы установлены лишь в скважинах. Так, например, в пределах территории листа Р-40-ХІІІ "Помоздино" Государственной геологической карты м-ба 1 : 200 000 небольшие выходы пород этого стратиграфического интервала имеются лишь в долине р. Вычегды (с притоками рр. Черь-Вычегодская, Кенжан, Чипан, Подора) (рис. 1), а также вскрыты поисковыми скважинами на бокситы и структурно-поисковыми скважинами на нефть и газ (Гуревич и др., 1965). Большие же водораздельные области южнее бассейна р. Вычегды, как правило, не имеют коренных выходов, и сведения о строении среднего карбона здесь практически отсутствуют.

С активизацией в 2000-х гг. работ по вырубке леса в верховьях р. Вычегды была расширена сеть лесовозных дорог, для отсыпки которых был заложен небольшой карьер на водоразделе между рр. Вычегда, Тимшер и Южная Мыльва в 22 км к юго-востоку от пос. Пузла (см. рис. 1). В тектоническом плане карьер находится на территории юго-восточной части Восточно-Тиманского мегавала. Разрез его изучен с отбором образцов в 2020 г. Летом 2021 г. во время ревизионной поездки по маршруту "Малое геологическое кольцо Республики Коми" в развалах карьера на поверхностях напластования пород В.А. Салдиным обнаружены многочисленные ихнофоссилии, поэтому карьере было дано неофициальное название "Ихнитовый". Второй объект исследования – разрез "Выемка" – располагается в 4,5 км к ССВ от карьера "Ихнитовый" в выемке лесовозной дороги (см. рис. 1).



Рис. 1. Расположение изученных разрезов.

Слева – мелкомасштабная структурная карта Республики Коми, справа – взаимное расположение карьера “Ихнитовый” (а) и разреза “Выемка” (б) на крупномасштабной карте. Красные звездочки на левой карте – точки наблюдения маршрута экскурсии “Малое геологическое кольцо Республики Коми” (Пономаренко и др., 2021). Внизу – общий вид карьера “Ихнитовый” (фото С.Н. Игнатова).

Fig. 1. Location of the studied sections.

On the left – tectonic sketch-map of the Komi Republic, red asterisks indicate the observation points of the “Small Geological Ring of the Komi Republic” route (Ponomarenko et al., 2021); on the right – the details of the “Ikhnitoviy” quarry (a) and the “Vyemka” section (b) location; on the bottom – a general view of the “Ikhnitoviy” quarry (photo by S.N. Ignatov).

Целью настоящей работы является литологическая, микропалеонтологическая и палеоихнологическая характеристика разреза среднекаменноугольных пород юго-восточной части Восточно-Тиманского мегавала, его стратиграфическое расчленение и определение фациальных особенностей осадконакопления.

Следует отметить, что сведения об ихнофоссилиях из каменноугольных отложений Тимано-Североуральского региона до сих пор оставались крайне отрывочны. Чаще всего они упоминаются лишь как “ходы червей” или “следы жизнедеятельности донных организмов” для турнейских и визейских глинисто-карбонатных отложений севера Урала (например, (Калашников, 2005; Шадрин, Сандула, 2018)). И только в единичных случаях указывается их таксономическая принадлежность (например, *Spirophyton* (Калашников, 2005), *Rhizocorallium* (Салдин, 2008) и *Zoophycos* (Журавлев и др., 2018, 2019)), при этом все изображенные в упомянутых работах образцы в действительности представлены *Zoophycos* isp. В этой связи палеоихнологическая характеристика столь разнообразного комплекса является, вероятно, первой для каменноугольных отложений Тимано-Североуральского региона.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для статьи послужило описание пород и 26 образцов. Для литологического изучения из каждого образца были сделаны шлифы. Для палеонтологического исследования фораминифер из образцов, где они присутствуют, изготавливались дополнительно ориентированные шлифы (97 шт.). Шлифы изучались на поляризационном микроскопе ПОЛАМ РП-1.

Исследование комплекса ихнофоссилий проводилось как в образцах пород, содержащих ходы ископаемых организмов, так и по полевым фотографиям. Во втором случае не все ихнофоссилии можно было уверенно диагностировать (такие определения сопровождаются знаком “?”). Так как в стенке карьера “Ихнитовый” поверхности напластования недоступны для непосредственных наблюдений, большинство образцов с ихнофоссилиями собраны из осыпи и не имеют четкой привязки к слоям, в связи с чем в статье приводится лишь общая характеристика ихнокомплекса.

Фазовый состав глинистой фракции из четырех образцов определялся по дифрактограммам ориентированных образцов, подвергнутых стандартным диагностическим обработкам. Исследовались дифракционные кривые препаратов: а) воздушно-сухих, б) насыщенных этиленгликолем, в) обработанных 1Н HCl на водяной бане. Съемка проводилась на рентгеновском дифрактометре Shimadzu XRD-6000, излучение CuK α , Ni фильтр, 30 кВ, 30 мА (аналитик С.Ю. Симакова).

Весь собранный каменный и шлифовый материал хранится в музее имени А.А. Чернова Института геологии имени акад. Н.П. Юшкина ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, коллекция ИГКНЦ № 392.

СТРАТИГРАФИЯ

Изучение фораминифер в ориентированных шлифах показало, что в карьере “Ихнитовый” вскрыты породы башкирского яруса, а в разрезе “Выемка” – породы верейского горизонта нижне-московского подъяруса.

Карьер “Ихнитовый”

Здесь в разрезе видимой мощностью 6.6 м выделяются аскынбашский горизонт нижнебашкирского подъяруса, а также верхнебашкирский подъярус в составе ташастинского и асатаусского горизонтов. В целом весь разрез сложен неравномерным чередованием светло-серых толстоплитчатых кораллово-водорослевых известняков и серых тонкозернистых горизонтально-слоистых пелоидно-биокластовых и биокластово-пелоидных известняковых песчаников с более редкими прослоями зеленоватых глин хлорит-иллитового состава. В единичных случаях отмечаются известняки биокластовые и пелитоморфно-биокластовые тонкопесчанистые (рис. 2–4; табл. I):

Аскынбашский горизонт (слои 1–11) характеризуется фораминиферами *Bradyina magna* Roth et Skinner, *Eoschubertella mosquensis* (Raus.), *E. obscura* (Lee et Chen), *Pseudostaffella antiqua* (Dutk.), *Ps. grandis* Schlyk., *Ps. paracompressa* Saf., *Semistaffella* sp., *S. variabilis* Reitl. (табл. I, 2), *Globivalvulina moderata* Reitl. Хотя отложения не содержат таких видов-индексов, как *Pseudostaffella praegorsky* Raus. и *Staffellaeformes staffellaeformis* (Kireeva), нижняя граница аскынбашского горизонта определяется также по появлению фораминифер *Ps. paracompressa* Saf. (Николаев, 2005; Иванова, 2008), которые отмечаются уже в слое 4. Граница аскынбашского и вышележащего ташастинского горизонта совпадает с границей ниже- и верхнебашкирских подъярусов. Видимая мощность 2.7 м.

Ташастинский горизонт (слои 12–14) содержит фораминиферы *E. obscura* (Lee et Chen), *E. bluensis* Ross et Sabins, *E. mosquensis* (Raus.), *Schubertella gracilis* Raus., *Ps. grandis* Schlyk., *Ps. paracompressa* Saf., *Profusulinella primitiva* Sosn. Нижняя граница его определяется по появлению в разрезе зонального вида *Profusulinella primitiva*. Мощность горизонта 1.4 м.

Асатауский горизонт охарактеризован следующим комплексом фораминифер: *Pr. primitiva* Sosn., *Ovatella oblonga* (Pot.), *O. subovata* (Saf.), *O. ovata* (Raus.), *O. ex gr. sokolensis* (R. Ivan.), *Depratina* (*Profusulinella*) cf. *prisca* (Deprat), *Aljutovella lepida* Leont., *Al. fallax* (Raus.), *A. ex gr. aljutovica* (Raus.),

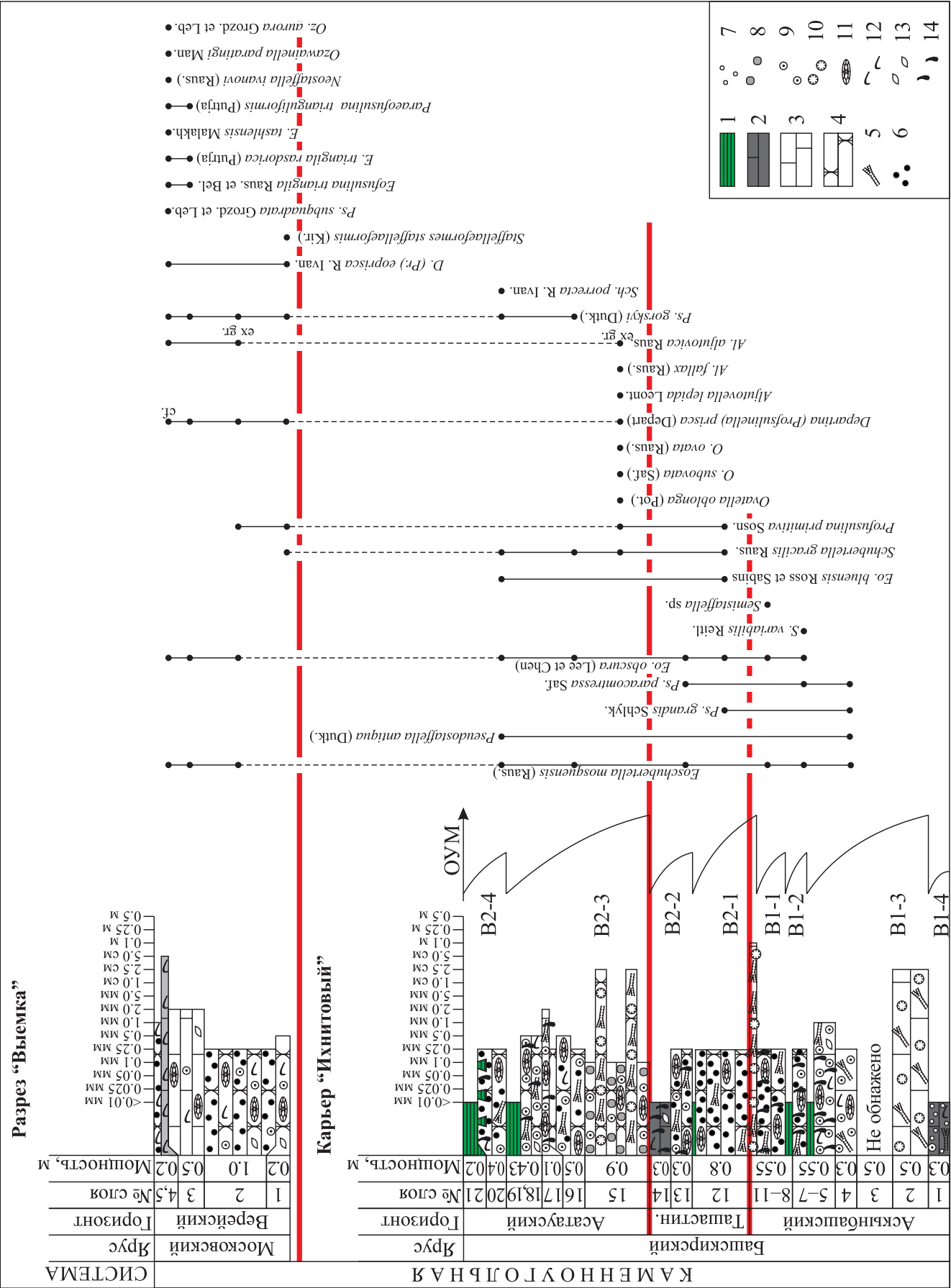


Рис. 2. Литологическая колонка карьера “Ихнитовый” и разреза “Выемка”.

ОУМ – колебания относительного уровня моря, стрелка указывает на углубление. B2-4–B1-4 – парасеквенции. 1 – глины, 2 – известняки глинистые пелитоморфные, 3 – известняки органогенные (биокластовые), 4 – известняковые песчаники, 5 – водоросли, 6 – пелоиды, 7 – силикокластический материал, 8 – карбонатные литокласты, 9 – криноидеи, 10 – кораллы, 11 – фузулиниды, 12 – брахиоподы, 13 – остракоды, 14 – биотурбация.

Fig. 2. Lithological log of the “Ikhnitovyi” quarry and “Vyemka” section.

ОУМ – relative sea level fluctuations, the arrow indicates a deepening. B2-4–B1-4 – parasequences. 1 – clays, 2 – clayey-micritic limestones, 3 – organic (bioclastic) limestones, 4 – grainstones, 5 – algae, 6 – peloids, 7 – siliciclastic material, 8 – carbonate lithoclasts, 9 – crinoid ossicles, 10 – corals, 11 – fusulinids, 12 – brachiopods, 13 – ostracods, 14 – bioturbation.

E. obscura (Lee et Chen), *E. mosquensis* (Raus.), *Sch. gracilis* Raus., *Sch. porrecta* R.Ivan., *Ps. gorskyi* (Dutk.), *Ps. ex gr. shidalsensis* R.Ivan., *Ps. grandis* Schlyk. Видимая мощность горизонта 2.5 м.

В отличие от Восточно-Европейской платформы (Алексеев, 2008) и прилегающих к ней территорий (Стратиграфические..., 1993) в изученном разрезе не встречены зональные формы асатауского горизонта *Tikhonovichiella tikhonovichi* и *Verella spicata*, однако возраст отложений подтверждается появлением нескольких видов рода *Ovatella* (*O. oblonga*, *O. subovata*, *O. ovata*, *O. ex gr. sokolensis*), первыми *Depratina* (*Profusulinella*) *prisca* и *Aljutovella* (*fallax*, *lepida*) (Иванова, 2008). Кроме того, на асатауский возраст указывают фузулиниды *Sch. porrecta* и водоросли *Donezella lunaensis*, также впервые появляющиеся в верхнебашкирских отложениях. Почти аналогичное сообщество фораминифер и водорослей для асатауского горизонта наблюдается на Среднем Урале в разрезе “Сокол” (Иванова, 1999). Обычно в большинстве разрезов Среднего Урала верхнебашкирские отложения либо отсутствуют, либо представлены терригенной колослейкинской свитой (Чувазов, Мизенс, 1991). В этой связи на Среднем Урале, а также в прилегающих к нему регионах, где этот интервал представлен терригенными породами, зональная форма верейского горизонта *Aljutovella aljutovica* появляется выше его основания на 2.0–2.5 м (Иванова, 1999, 2008; Вилесов, 2002).

Изученный разрез “Ихнитовый” относится к рецессивному типу, т. е. характеризуется минимальными мощностями горизонтов. В подобных разрезах проследить закономерность и момент появления первых зональных форм практически невозможно, тем более что отложения башкирского яруса здесь заканчиваются толщей глин. Нижневерейские отложения на Южном Тимане также представлены 11-метровой глинистой толщей (Воложанина, 1959; Гуревич и др., 1965), но в изученных разрезах они не вскрыты. Известно (Рейтлингер, 1963), что появление элементов новой фауны происходит еще в пределах более древнего сообщества, но не всякое новое есть показатель этапа в развитии фауны и не всегда обосновывает биостратиграфическую границу. Кроме того, башкирские

отложения в разрезе карьера “Ихнитовый” сильно биотурбированы. В литературе описаны случаи нахождения более молодых раковин планктонных фораминифер в шпрейтах ходов *Zoophycos*. При этом разница возраста фораминифер и вмещающего осадка может составлять от первых тыс. лет (Lowemark, Grootes, 2004) до 10 тыс. лет (Leuschner et al, 2002). Такой феномен также нельзя исключать.

Разрез “Выемка”

Разрез расположен в выемке лесовозной дороги примерно в 4.5 км к ССВ от карьера “Ихнитовый” (см. рис. 1). Здесь вскрываются отложения верейского горизонта, представленные известняковыми пелоидно-биокластовыми песчаниками с прослоями пелитоморфно-биокластовых брахиоподовых разностей (см. рис. 2, 5; табл. II). Породы содержат фораминиферы *Pr. primitiva* Sosn., *Pr. chernovi* Raus., *Sch. gracilis* Raus., *Ps. gorskyi* (Dutk.), *Ps. subquadrata* Grozd et Leb., *Staffellaformes staffellaeformis* (Kir.), *D. (Pr.) prisca* (Deprat), *D. (Pr.) cf. prisca* (Deprat), *D. (Pr.) eoprisca* R. Ivan., *Parastaffella* sp., *Al. aljutovica* (Raus.), *Al. ex gr. aljutovica* Raus., *E. obscura* (Lee et Chen), *E. mosquensis* (Raus.), *Eofusulina triangula* Raus. et Bel., *E. cf. triangula* Raus. et Bel., *E. triangula* cf. *rasdorica* (Putrja), *E. triangula minima* Malakh., *E. tashlensis* Malakh., *Paraeofusulina trianguliformis* (Putrja), *Neostaffella ivanovi* (Raus.), *Ozawainella paratingi* Man., *Oz. aurora* Grozd. et Leb. Видимая мощность горизонта 1.9 м.

Возраст отложений устанавливается по нахождению таких индекс-видов фузулинид, как *D. (Pr.) prisca* и *Al. aljutovica*. Однако, в слоях 3–5 комплекс фораминифер похож на таковой цининского горизонта московского яруса. Этот горизонт был принят для территории Восточно-Европейской платформы (Соловьева, 1984; Губарева, 1990; Губарева, Сунгатуллина, 2006), а позднее распространен и на Урал (Иванова, 2002, 2008, 2010). Он отвечает нижней части каширского горизонта московского яруса. Однако в изученном разрезе отсутствует зональная форма *Priscoidella priscoidea*. Интервал слоев 3–5 характеризуется разнообразными пред-

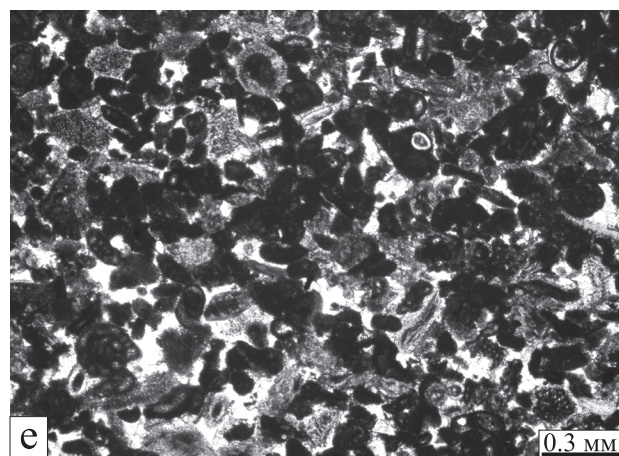
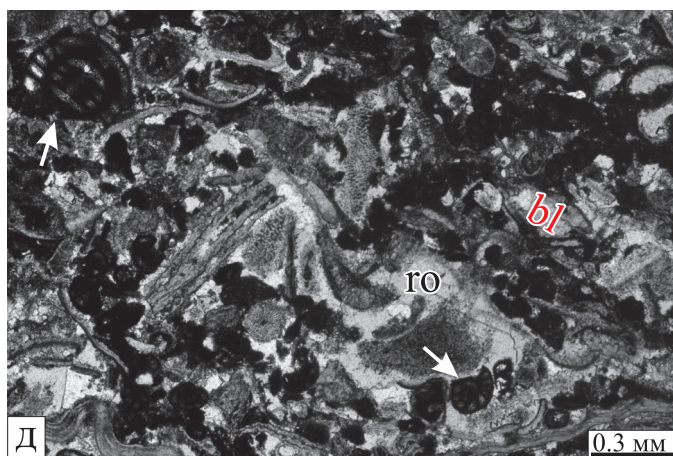
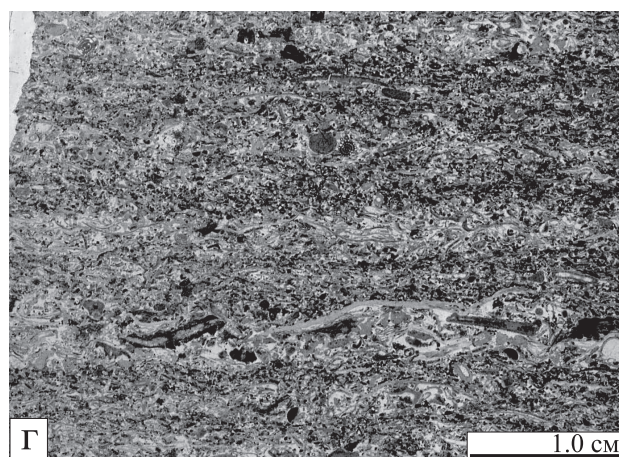
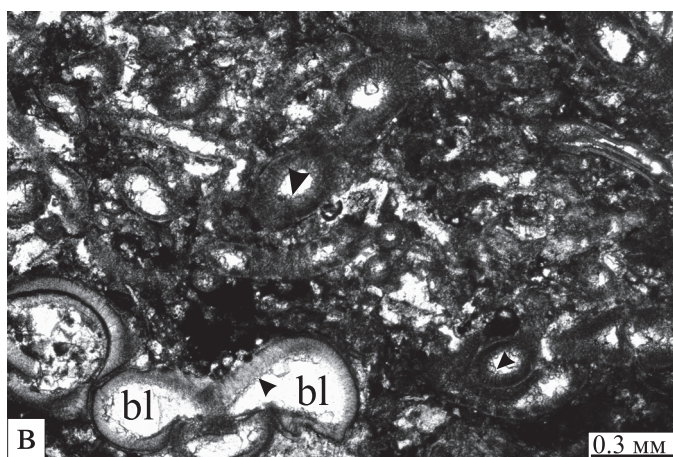
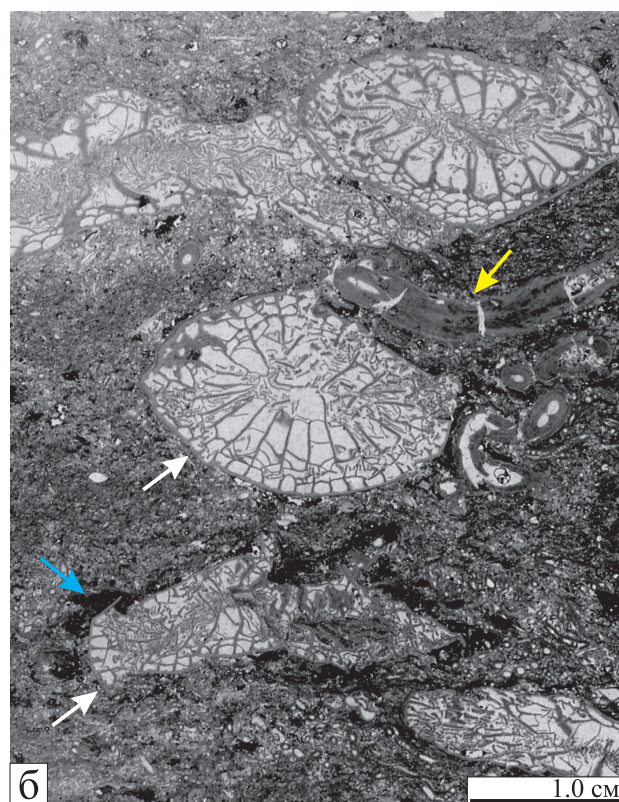
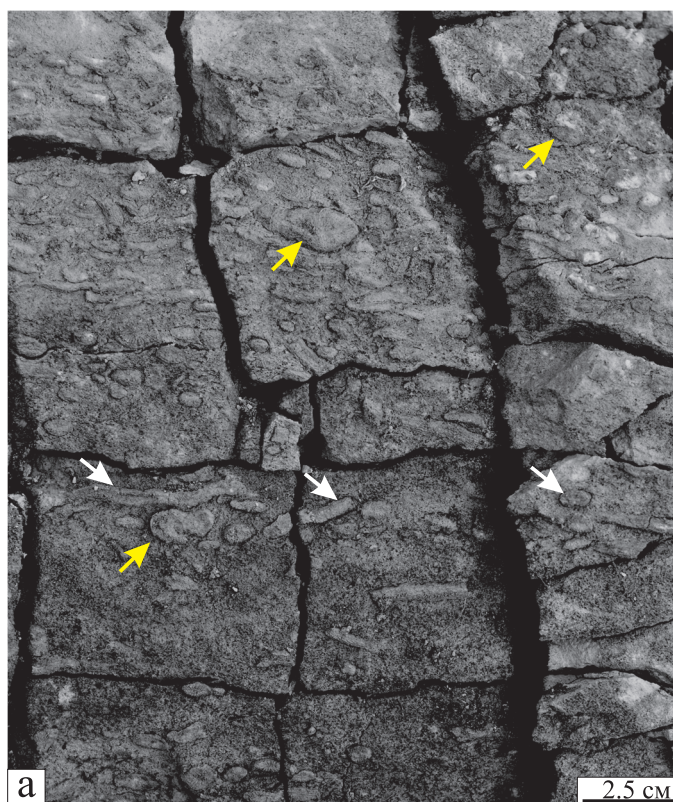


Рис. 3. Характерные типы пород башкирского яруса в карьере “Ихнитовый”.

а – водорослево-коралловый толстоплитчатый известняк. Слой 2. Белые стрелки указывают на кораллы (ругозы), желтые – на колонии хететид. Полевое фото С.Н. Игнатова. б – известняк водорослево-коралловый. Белые стрелки указывают на ругоз, желтые – на табулят. Голубые стрелки показывают микробиальные обрастания вокруг некоторых ругоз. Слой 2. Шлиф тн3/2. в – Многочисленные талломы зеленых водорослей. Стрелки указывают на ранние скаленоэдрические цементы типа “собачьих клыков”. bl – блоковый спаритовый кальцит. Слой 2. Шлиф тн3/2. г – биокластово-пелоидный известняк с тонкой горизонтальной слоистостью, образованной более крупными биокластами, ориентированными вдоль поверхностей напластования. Слой 18. Шлиф тн4/8. д – деталь биокластово-пелоидного известняка. Многие пелоиды имеют неправильную форму. Белые стрелки указывают на растворение части раковин фораминифер из-за литостатического давления. ro – синтаксиальное разрастание вокруг членика криноидеи, формирование которого происходило до растворения части раковины фораминиферы (стрелка). bl – блоковый спарит. Слой 18. Шлиф тн4/8. е – биокластово-пелоидный известняк. Округлые пелоиды указывают на их фекальное происхождение. Слой 10. Шлиф тн3/9.

Fig. 3. Characteristic rock types of the Bashkirian in the “Ikhnitovyi” quarry.

a – algae-coral thick-bedded limestone. White arrows indicate Rugose corals, yellow arrows indicate chaetetid colonies. Field photo by S.N. Ignatov. б – algal-coral limestone. White arrows indicate rugose corals, yellow arrows indicate tabulate corals. The blue arrows mark the microbial overgrowths surrounding some of the rugose corals. Layer 2. Thin-section #тн3/2. в – numerous green algae thalli. Arrows mark the early scalenohedral cementation of the dog tooth type. bl – blocky sparite. Layer 2. Thin-section #тн3/2. г – bioclastic-peloidal limestone with thin horizontal stratification formed by larger bioclasts oriented along the bedding surfaces. Layer 18. Thin-section #тн4/8. д – details of bioclastic-peloidal limestone. Most of the peloids are irregular in shape. White arrows indicate the dissolution of some foraminiferal tests due to the lithostatic pressure. Ro – syntaxial overgrowth surrounding the crinoid ossicles which formation predates the partial dissolution of foraminiferal tests (marked by an arrow). bl – blocky sparite. Layer 18. Thin-section #тн4/8. е – bioclastic-peloidal limestone. Oval-shaped peloids indicate the faecal origin. Layer 10. Thin section #тн3/9.

ставителями *Eofusulina* (*E. triangula*, *E. triangula rasdorica*, *E. triangula minima*, *E. tashlensis*), которые, наряду с зональными видами *D.(Pr.) prisca* и *Al. aljutovica*, маркируют начало московского века на Урале (Иванова, 2015). В верхах же верейского и в цнинском горизонте появляются более сложно устроенные виды *Paraeofusulina* (Иванова, 2015). Кроме того, основные формы зоны *Priscoidea* (цнинского горизонта) – озаваинеллы, в числе которых характерным видом является *Oz. paratingi* Man. (Иванова, 2008). Все эти данные позволяют соотнести слои 3–5 в разрезе “Выемка” с цнинским горизонтом московского яруса. В то же время, учитывая отсутствие зональной формы цнинского горизонта *Priscoidea* и находки зофузулининовых комплексов в верхах верейского горизонта других разрезов на юге Восточного Урала (Иванова, 2008), можно считать все слои разреза “Выемка” верхневрейскими, не разделяя их на верейский и цнинский горизонты.

Основные сведения о каменноугольных отложениях в рассматриваемом районе получены при изучении керна скважин, пробуренных на Зеленецкой площади (Гуревич и др., 1965; Воложанина, 1959), в 30 км севернее карьера “Ихнитовый”. Изученные аскынбашский, ташастинский и асатауский горизонты соответствуют интервалу средней и верхней частей башкирского яруса в работе П.П. Воложаниной (1959). Севернее изученных разрезов, на Зеленецкой площади, они сложены тонкозернистыми вторичными доломитами с подчиненными прослоями органогенно-обломочных, оолитовых и скрытокристаллических известняков. В нижней части этого интервала отмечаются также немногочисленные включения желтовато-серых и серых

кремней. Эти породы значительно отличаются от изученных в карьере “Ихнитовый”, представленных в основном известняками без каких-либо следов доломитизации. Отложения верхней части верейского горизонта в целом сходны и имеют преимущественно известняковый (органогенный, обломочный, оолитовый) состав. Кроме того, для этого стратиграфического диапазона характерны многочисленные проявления твердых битумов и жидкой нефти, приуроченные к трещинам и кавернам в известняках (Воложанина, 1959). В изученных породах разреза “Выемка” такие каверны многочисленны (см. рис. 5б–д), хотя не имеют проявлений углеводородов. Если они и имелись, то могли быть вымыты из пород в результате современных процессов выветривания.

УСЛОВИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ И ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ

Породообразующие компоненты

Среди осадочных компонентов большое распространение имеют органические остатки и пелоиды. Терригенный материал распространен в меньшей степени и ограничен только башкирским интервалом.

Органогенная составляющая представляет важную часть изученных пород. В первую очередь обращает на себя внимание обилие и разнообразие ископаемых водорослей в башкирских отложениях (см. табл. I). Наиболее многочисленны зеленые водоросли, включающие в себя 11 видов, относящихся к 6 родам (*Beresella translucida*, *B. polyramosa*, *B. erecta*, *B. ishimica*, *Dvinella distorta*, *Dv. bifurcata*, *Claracrusta catenoides*, *Donezella*

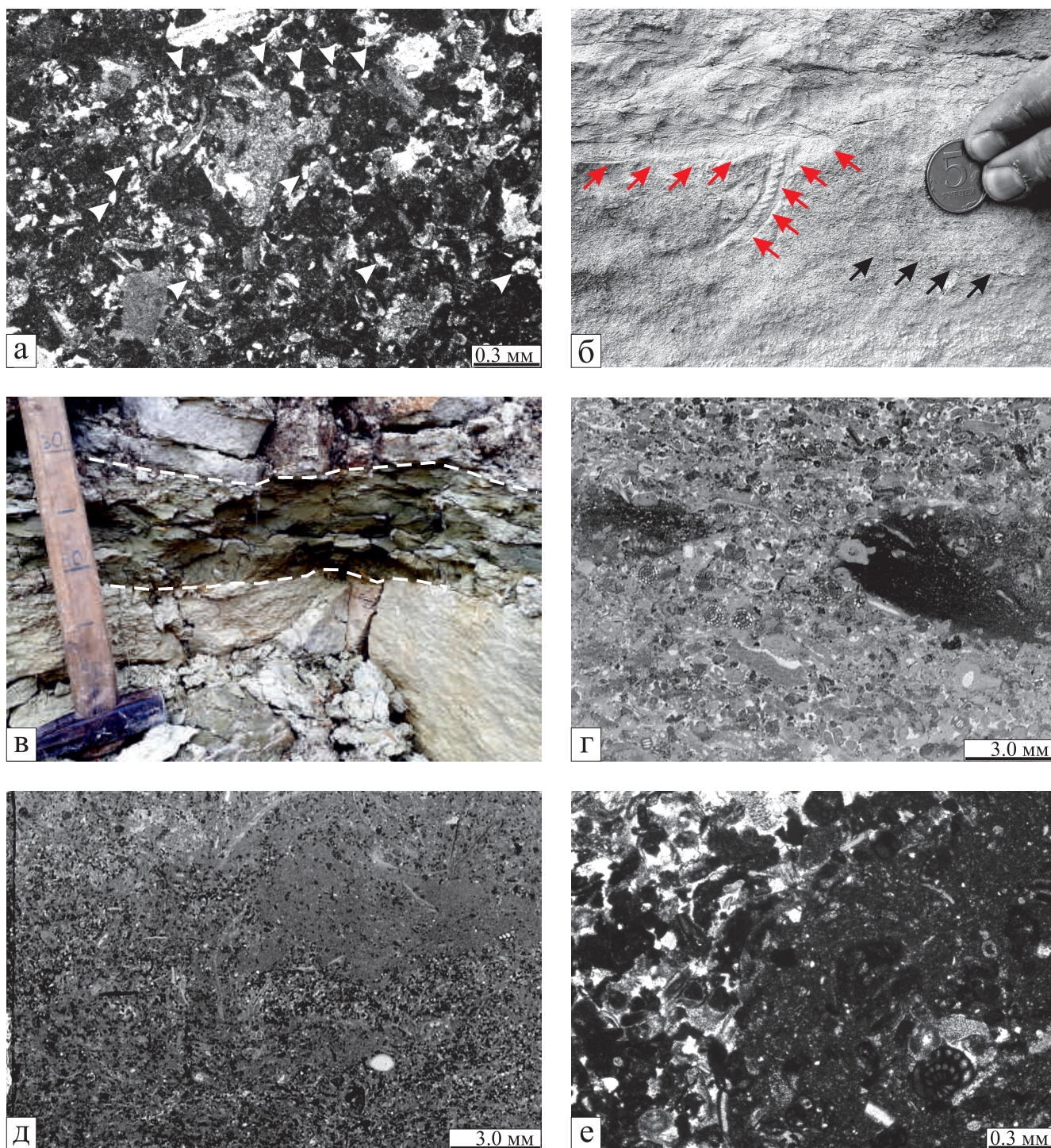


Рис. 4. Характерные типы пород башкирского яруса в карьере “Ихнитовый” и биотурбация.

а – сильно биотурбированный глинисто-пелитоморфный биокластовый известняк. Белые стрелки указывают на терригенный материал, характерный компонент этих пород. Слой 1. Шлиф тн3/1. б – ход *Zoophycos* (красные стрелки) в известняковом песчанике. Первичная тонкая горизонтальная слоистость видна лишь в переработанных биотурбацией участках (черные стрелки). Слой 7. Полевое фото С.Н. Игнатова. в – зеленоватые глины. Границы слоя подчеркнуты белой пунктирной линией. Слой 19. Полевое фото С.Н. Игнатова. г – известняк пеллоидно-биокластовый с глинистым материалом, (темные пятна), занесенным биотурбацией. Слой 17. Шлиф тн4/7. д – известняк биокластово-пеллоидный. В верхней части изображения – глинистый материал, внедренный в осадок биотурбацией. Слой 14. Шлиф тн4/4. е – глинисто-пелитоморфный матрикс (справа) внутри биокластово-пеллоидного известняка (слева), характеризующегося кристаллическим кальцитовым цементом (светлые участки). Слой 13. Шлиф тн4/3.

Fig. 4. Characteristic rock types of Bashkirian deposits of the “Ikhnitovy” quarry, and bioturbation.

a – intensively bioturbated clayey-micritic bioclastic limestone. White arrows mark silicoclastics, a typical component of this rock sample. Layer 1. Thin-section #тн3/1. б – *Zoophycos* burrows (red arrows) within the fine-grained grainstones. Primary thin horizontal lamination is visible in non-bioturbated areas only (marked by black arrows). Layer 7. Field photo by S.N. Ignatov. в – greenish clays. The layer surfaces are marked by the white dotted line. Layer 19. Field photo by S.N. Ignatov. г – Peloid-bioclastic limestone with clayey material (dark spots) introduced by bioturbation. Layer 17. Thin-section #тн4/7. д – bioclastic-peloidal limestone. Clay material which can be observed in the upper part of image was intruded into the carbonate sediment by bioturbation. Layer 14. Thin-section #тн4/4. е – clayey-micritic matrix (on the right) within a bioclastic-peloidal limestone (on the left) characterized by the presence of crystalline calcite cement (light areas). Layer 13. Thin-section #тн4/3.

lutugini, *D. lunaensis*, *Kamaena itkillikensis*, *Fasciella ivanovae*). Красные водоросли, хотя иногда и являются заметной частью органогенной составляющей, имеют более бедный состав. Наиболее часто среди них встречаются *Ungdarella gracilissima*; остальные виды – *U. uralica*, *Pseudostacheoudes loomisi*, *Aoujagalia* sp., *Eflugelia johnsoni* – отмечаются спорадически. Традиционно водоросли считаются обитателями мелких, хорошо освещенных теплых морей. Согласно данным Э. Флюгеля (Flügel, 2010), современные дазикладовые водоросли (к которым он относит водоросли семейства Beresellaceae Masl. et Kul.) встречаются в основном в тропических и субтропических широтах. Их распределение контролируется температурой воды (теплые воды в изоклине 20°), а также субстратом и соленостью. Причем известно, что некоторые современные таксоны адаптированы не только к нормально-морским условиям, но также и к солоноватым и гиперсоленым средам. Красные водоросли, в свою очередь, более толерантны к температурам, но более требовательны к гидрохимическому режиму (преимущественно нормально-морская соленость). Таким образом, обилие и разнообразие зеленых водорослей и более редкие и однотипные красные водоросли могут указывать на некоторые вариации солености. Раковины фузулинид имеют подчиненное значение и, кроме того, часто характеризуются бедным таксономическим составом, что, по всей видимости, также поддерживает некоторые ограничения со стороны окружающей среды, например солености окружающих вод. Имеется только одно исключение: таксономически богатый комплекс фузулинид отмечен для слоя 15 (содержит разнообразные *Ovatella*, а также *Aljutovella*, *Depratina*, *Profluulinella* и *Schubertella*). Они происходят из слоя кораллово-водорослевых известняков, которые, по всей видимости, отвечают морской ингрессии (см. раздел “Цикличность”) и наступлению нормальноморских условий.

Остальные органогенные остатки, такие как фрагменты кораллов, створки брахиопод и членики криноидей, являются обычными компонентами в отдельных слоях, но практически нигде не преобладают. Раковины остракод единичны.

Пелоиды. Термин “пелоид” употребляется в названии пород в описательном смысле. Это бесструктурные микритовые осадочные компонен-

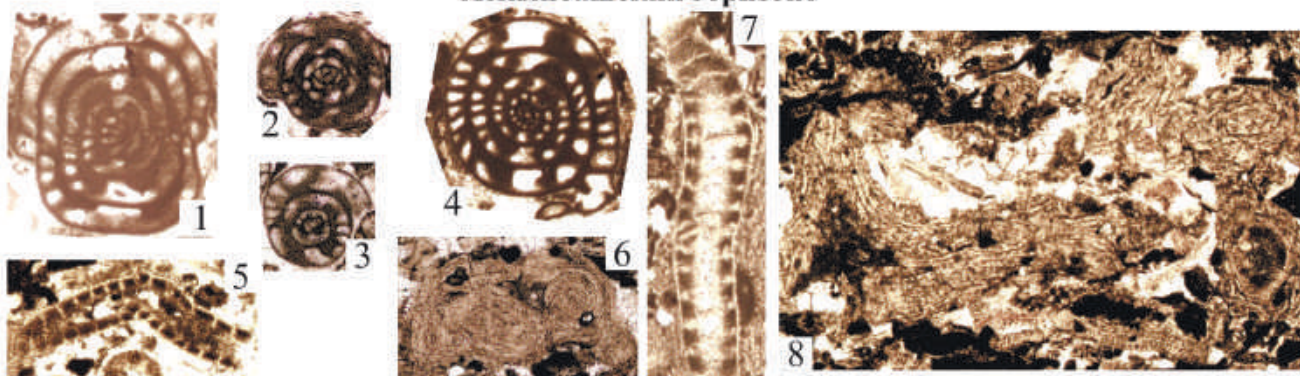
ты размером до 0.25 мм или более (см. рис. 3в–е, рис. 4а, д, е, рис. 5б–ж), которые часто составляют более 50% объема породы. Пелоиды имеют полигенное происхождение (Flügel, 2010). В изученном разрезе часть из них может являться фекальными пеллетами, так как часть пелоидов имеет округлую продолговатую форму и иногда ассоциируется с ходами *Rhizocorallium* (рис. 6д). Пелоиды неправильной формы, вероятно, относятся к обломкам пелитоморфных известняков. В крайне редких случаях в пелоидах можно увидеть слабо различимую теневую структуру органогенных остатков, что характеризует еще один тип зерен – кортоиды. Таким образом, значительная часть данного осадочного материала представляет собой мелкие обломки пелитоморфных известняков и, по всей видимости, фекальные пеллеты.

Терригенные частицы. Терригенный материал представлен как песчано-алевритовыми зернами, так и глинистым веществом. Песчано-алевритовые зерна в небольших количествах (в единичных случаях достигая 10–15%) повсеместно встречаются в породах башкирского яруса, но полностью исчезают из московских отложений. Преимущественно это зерна кварца тонкопесчаной размерности и разной степени окатанности. Отмечаются единичные зерна полевых шпатов и обломки кварцитов.

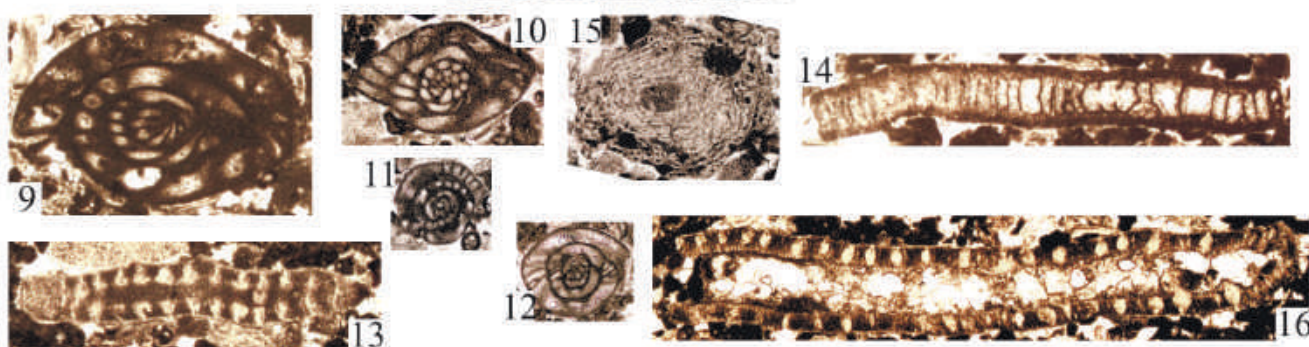
Глинистый материал как слагает самостоятельные слои мощностью от первых сантиметров до 0.2 м, так и находится в виде пятен (по ходам роющих организмов) в карбонатах. Важно отметить, что глины пластичные, размокающие в воде и в изученных разрезах до сих пор не превращены в аргиллиты. Фазовый состав четырех образцов глин близок: преобладают иллит и хлорит (хлорит/сметит), содержащие небольшое количество разбухающих слоев, т. е. фактически являются смешаннослойными фазами. Разбухающая фаза представлена преимущественно смешаннослойным иллит/сметитом. В нижнебашкирских отложениях достоверно диагностируется каолинит. Иллит обычно является результатом частичного гидролиза мусковита и продуктом изменения при превращении полевых шпатов в каолинит. Хлориты в изобилии встречаются в метаморфических горных породах.

Таким образом, первичным источником терригенного материала (обломки кварца, полевых шпатов и кварцитов, а также глинистый материал)

Аскынбашский горизонт



Ташастинский горизонт



Асатауский горизонт

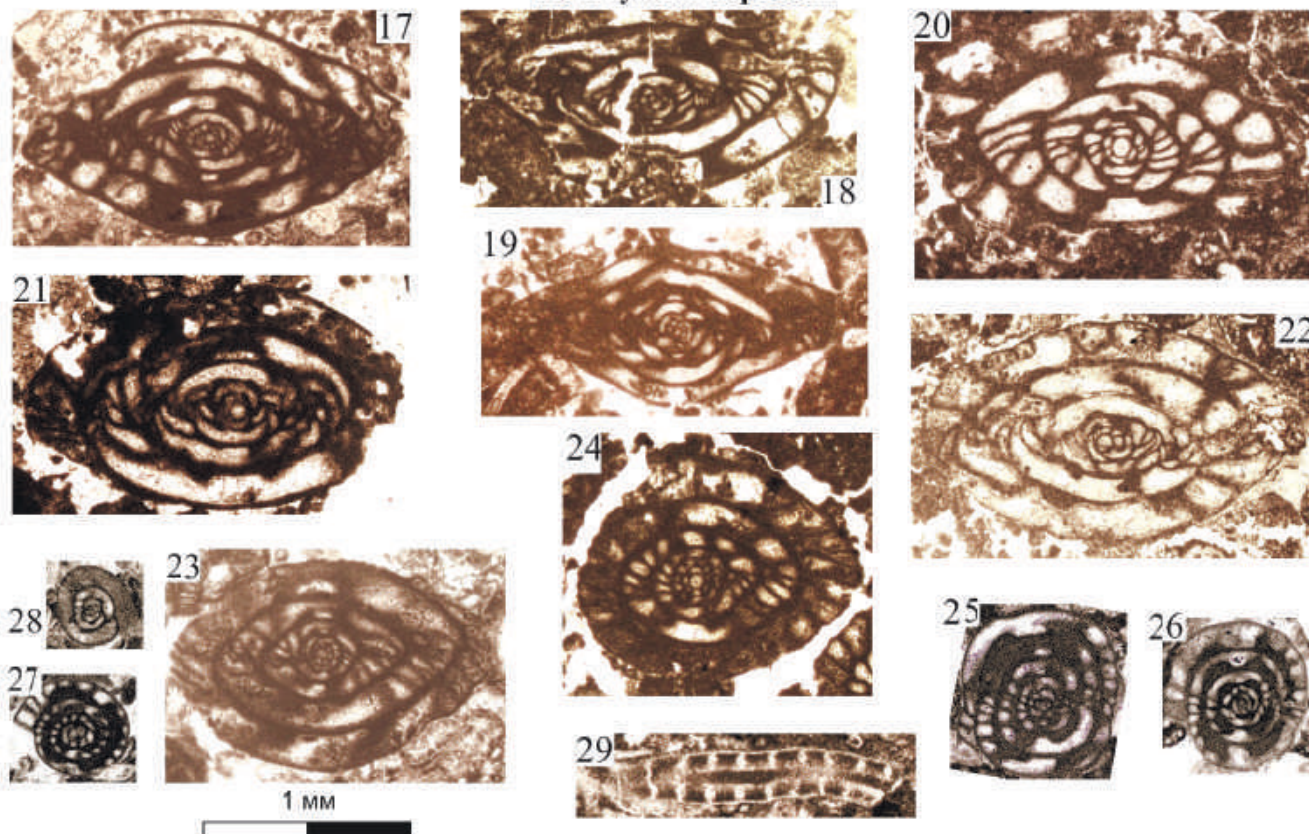


Таблица I. Характерные комплексы фораминифер и водорослей в разрезе карьера “Ихнитовый”.

1–8 – комплекс аскынбашского горизонта, 9–16 – комплекс ташастинского горизонта, 17–29 – комплекс асатауского горизонта башкирского яруса. 1 – *Pseudostaffella paracompressa* Saf., обр. тн3/3, шл. 1; 2 – *Semistaffella variabilis* Reitl., обр. тн3/6, шл. 1; 3 – *Pseudostaffella antiqua* (Dutk.), обр. тн3/3, шл. 3; 4 – *Pseudostaffella grandis* Schlyk., обр. тн3/3, шл. 5; 5 – *Beresella translucea* Kul., обр. тн3/3; 6 – *Fasciella ivanovae* Salt., обр. тн3/3, шл. 1; 7 – *Beresella polyramosa* Kul., обр. тн3/3, шл. 1; 8 – *Pseudostacheoides loomisi* Petryk et Mamet, обр. тн3/6, шл. 5; 9 – *Profusulinella primitiva* Sosn., обр. тн4/2, шл. 4; 10 – *Schubertella gracilis* Raus., обр. тн4/2, шл. 2; 11 – *Eoschubertella mosquensis* (Raus.), обр. тн4/3; 12 – *Eoschubertella bluensis* Ross et Sabins, обр. тн4/2, шл. 2; 13 – *Dvinella bifurcata* Masl. et Kul., обр. тн4/2, шл. 5; 14 – *Beresella translucea* Kul., обр. тн4/2, шл. 1; 15 – *Claracrusta catenoides* (Homann), обр. тн4/3, шл. 5; 16 – *Dvinella distorta* Kul., обр. тн4/3, шл. 5; 17 – *Aljutovella* ex gr. *aljutovica* (Raus.), обр. тн4/5, шл. 1; 18 – *Aljutovella lepida* Leont., обр. тн4/5, шл. 1; 19 – *Aljutovella fallax* (Raus.), обр. тн4/5, шл. 4; 20 – *Ovatella oblonga* (Pot.), обр. тн4/5, шл. 5; 21 – *Ovatella sokolensis* (R. Ivan.), обр. тн4/5, шл. 6; 22 – *Ovatella ovata* (Raus.), обр. тн4/5, шл. 9; 23 – *Ovatella subovata* (Saf.), обр. тн4/5, шл. 8; 24 – *Depratina* (*Profusulinella*) cf. *prisca* (Deprat), обр. тн4/5, шл. 3; 25 – *Pseudostaffella gorskyi* (Dutk.), обр. тн4/6, шл. 5; 26 – *Pseudostaffella* ex gr. *shidaliensis* R.Ivan., обр. тн4/10, шл. 5; 27 – *Pseudostaffella grandis* Schlyk., обр. тн4/10, шл. 5; 28 – *Eoschubertella bluensis* Ross et Sabins, обр. тн4/11, шл. 2; 29 – *Beresella translucea* Kul., обр. тн4/11.

Table I. Typical assemblages of foraminifers and alae of the “Ikhnitovyi” quarry section.

1–8 – Assemblage of the Askynbashian Regional Stage, 9–16 – Assemblage of the Tashastian Regional Stage, 17–29 – Assemblage of the Asatausian Regional Stage. 1 – *Pseudostaffella paracompressa* Saf., sample #тн3/3, thin-section 1; 2 – *Semistaffella variabilis* Reitl., sample #тн3/6, thin-section 1; 3 – *Pseudostaffella antiqua* (Dutk.), sample #тн3/3, thin-section 3; 4 – *Pseudostaffella grandis* Schlyk., sample #тн3/3, thin-section 5; 5 – *Beresella translucea* Kul., sample #тн3/3; 6 – *Fasciella ivanovae* Salt., sample #тн3/3, thin-section 1; 7 – *Beresella polyramosa* Kul., sample #тн3/3, thin-section 1; 8 – *Pseudostacheoides loomisi* Petryk et Mamet, sample #тн3/6, thin-section 5; 9 – *Profusulinella primitiva* Sosn., sample #тн4/2, thin-section 4; 10 – *Schubertella gracilis* Raus., sample #тн4/2, thin-section 2; 11 – *Eoschubertella mosquensis* (Raus.), sample #тн4/3; 12 – *Eoschubertella bluensis* Ross et Sabins, sample #тн4/2, thin-section 2; 13 – *Dvinella bifurcata* Masl. et Kul., sample #тн4/2, thin-section 5; 14 – *Beresella translucea* Kul., sample #тн4/2, thin-section 1; 15 – *Claracrusta catenoides* (Homann), sample #тн4/3, thin-section 5; 16 – *Dvinella distorta* Kul., sample #тн4/3, thin-section 5; 17 – *Aljutovella* ex gr. *aljutovica* (Raus.), sample #тн4/5, thin-section 1; 18 – *Aljutovella lepida* Leont., sample #тн4/5, thin-section 1; 19 – *Aljutovella fallax* (Raus.), sample #тн4/5, thin-section 4; 20 – *Ovatella oblonga* (Pot.), sample #тн4/5, thin-section 5; 21 – *Ovatella sokolensis* (R. Ivan.), sample #тн4/5, thin-section 6; 22 – *Ovatella ovata* (Raus.), sample #тн4/5, thin-section 9; 23 – *Ovatella subovata* (Saf.), sample #тн4/5, thin-section 8; 24 – *Depratina* (*Profusulinella*) cf. *prisca* (Deprat), sample #тн4/5, thin-section 3; 25 – *Pseudostaffella gorskyi* (Dutk.), sample #тн4/6, thin-section 5; 26 – *Pseudostaffella* ex gr. *shidaliensis* R.Ivan., sample #тн4/10, thin-section 5; 27 – *Pseudostaffella grandis* Schlyk., sample #тн4/10, thin-section 5; 28 – *Eoschubertella bluensis* Ross et Sabins, sample #тн4/11, thin-section 2; 29 – *Beresella translucea* Kul., thin-section #тн4/11, thin-section 3.

могли быть докембрийские породы, известные по скважинам и естественным выходам в пределах Джеджим-Парминской и Очь-Парминской возвышенностей, Вольско-Вымской гряды. Однако это не значит, что данные породы были вскрыты в башкирское время. Терригенный материал может быть переотложенным из нижневизейской толщи. Кроме того, глинистый материал мог иметь более удаленный источник и переноситься ветрами, осаждаясь в спокойноводных запрудах (ponds) во время понижения относительного уровня моря.

Осадочные текстуры и структуры

Среди осадочных текстур в башкирском интервале разреза иногда хорошо заметна тонкая горизонтальная слоистость (см. рис. 3г, 4б). Она обусловлена распределением биокластового и пелоидной составляющих. Кроме того, удлиненные биокласты (одиночные кораллы, раковины брахиопод и остракод) расположены параллельно поверхностям напластования (см. рис. 3а, б, г), что также подчеркивает эту слоистость. Обращает на себя внимание относительно хорошая сортировка осадочных компонентов (биокластов и пелоидов), попадающая преимущественно в мелко- или

среднепесчаную фракцию. Все эти данные свидетельствуют о механогенном происхождении большей части осадка (вне зависимости от генезиса самих компонентов). По данным Б.Р. Пратт с соавторами (Pratt et al., 2012), накопление таких преимущественно пелоидных песков происходит при медленных движениях вод со скоростью до 0.2 м/с.

Пелитоморфно-биокластовый брахиоподовый известняк (см. рис. 5а) в слое 4 разреза “Выемка” не является ракушняком, а, скорее, относится к типу раковинных наносов, так как практически не содержит целых раковин брахиопод. Здесь отдельные створки и их обломки, ориентированные преимущественно вдоль поверхностей напластования, находятся в более крупном биокластовом и литокластовом матриксе и переходят вверх по разрезу в мелкозернистый известняковый песчаник с неясной горизонтальной слоистостью. Эти данные также свидетельствуют о механогенном способе осадения зерен, но при значительно более высоких скоростях движения вод, возможно, при штормовом событии. Эти породы, таким образом, можно отнести к темпеститам.

Слоистые текстуры пород часто в той или иной степени нарушены биотурбацией (см. рис. 4б), иногда вплоть до образования комковатой текстуры.

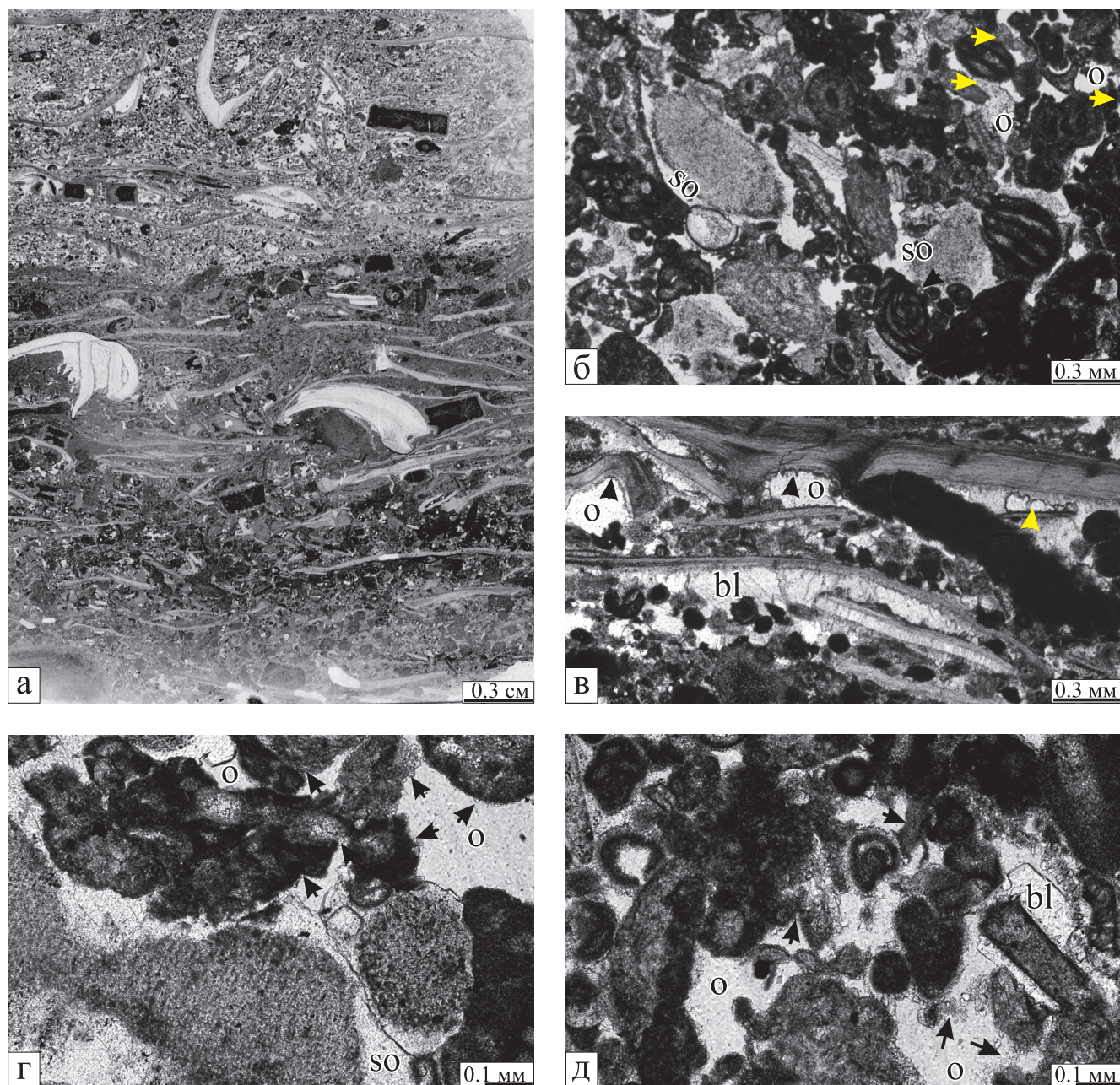


Рис. 5. Характерные типы пород разреза “Выемка”.

а – известняк пелитоморфно-биокластовый брахиоподовый. Слой 4. Шлиф тн2/4. б – известняковый песчаник пелоидно-биокластовый. Участки с развитием менискового цемента (желтые стрелки) и синтаксиального (so) разрастания вокруг члеников криноидей. О – открытая пористость. Черная стрелка указывает на частичное растворение раковины фузулины. Слой 1. Шлиф тн2/1. в – известняк пелоидно-биокластовый брахиоподовый. Черные стрелки указывают на ранние цементы типа “собачьих клыков”. bl – блоковый спарит, о – открытые поры. Желтые стрелки указывают на остатки более ранних, но частично растворенных цементов. Слой 4. Шлиф тн2/4. г – известняковый песчаник пелоидно-биокластовый. Осадочные зерна связаны ранними вадозными цементами (черные стрелки), иногда образующими менисковые структуры, и синтаксиальным разрастанием кальцита вокруг члеников криноидей (so). Открытые поры (o). Слой 1. Шлиф тн2/1. д – известняковый песчаник пелоидно-биокластовый. Хорошо развиты ранние менисковые и типа «собачьих зубов» цементы вокруг осадочных зерен. Межзерновое пространство остается открытым (o), блоковый спарит (bl) развит частично. Слой 1. Шлиф тн2/1.

Fig. 5. Characteristic rock types of the “Vyemka” section.

a – pelotomorpho-bioclasic brachiopod limestone. Layer 4. Thin-section #тн2/4. б – peloidal-bioclasic grainstone. Areas with meniscus cements development (yellow arrows) and syntaxial overgrowth (so) around crinoid ossicles are observed. O – open porosity. The black arrow indicates partial dissolution of the fusulinid test. Layer 1. Thin-section #тн2/1. в – peloid-bioclasic brachiopod limestone. Black arrows indicate early cements of the “dog teeth” type. bl – blocky sparite, o – open pores. Yellow arrows indicate remains of more early, but partially dissolved cements. Layer 4. Thin-section #тн2/4. г – peloidal-bioclasic grainstone. Sedimentary grains are connected by early vadose cements (black arrows), sometimes forming meniscus structures, and syntaxial overgrowth of calcite around crinoid ossicles (so). Open pores (o). Layer 1. Thin-section #тн2/1. д – peloidal-bioclasic grainstone. Well developed early meniscus and “dog teeth” cements around sedimentary grains. Intergranular space remains open (o), blocky sparite (bl) is partially developed. Layer 1. Thin-section #тн2/1.

chiopod limesne. Black arrows mark the early cement of dog tooth type. Bl – blocky sparite, j – open porosity. Yellow arrows mark the remains of earlier but partially dissolved cements. Layer 4. Thin-section #тн2/4. r – peloid-bioclastic grainstones. Sedimentary grains are bound by early vadose cements (black arrows), in places forming meniscus structures, and syntaxial overgrowth around crinoid ossicle (so). Open porosity (o). Layer 1. Thin-section #тн2/1. d – peloid-bioclastic grainstones. Early meniscus and dog tooth cements around sedimentary grains are well developed. The intergranular space remain open (o), blocky sparite (bl) is partially developed. Layer 1. Thin-section #тн2/1.

Если слои известняков перекрываются глинами, то ходы роющих организмов хорошо различаются в шлифах по появлению глинистого матрикса (см. рис. 4г). Однако, такие текстуры видны и в других слоях (см. рис. 4г–е). В этих случаях, вероятно, можно говорить о вероятном последующем размыве слоев глин. Когда известняки не покрывались глинами, следы роющих животных проявляются слабо и становятся заметны только на выветрелой поверхности (см. рис. 4б), или устанавливаются по участкам с беспорядочным расположением биокластов (см. рис. 3д).

Цикличность

Разрез башкирского яруса в карьере “Ихнитовый” имеет циклическое строение, однако циклиты неполные. Наиболее мористыми (относительно других) являются толстоплитчатые кораллово-водорослевые известняки, практически не содержащие терригенного материала. По всей видимости, они отвечают этапам ингрессии моря в полуизолированный бассейн. Более мелководными являются известняковые песчаники. На это указывает механическая природа этих осадков, наличие сортированного обломочного (лито- и биокластового, в меньшей степени терригенного) материала, а также ассоциация с перекрывающими глинами. Кроме того, в известняковых песчаниках часто можно наблюдать увеличение степени биотурбации ближе к кровле слоев. Слои зеленоватых глин соответствуют перерывам карбонатного осадконакопления и, как правило, венчают регрессивные “мелеющие вверх циклиты” (shallowing upward cycles). Под слоями глин не обнаруживается каких-либо заметных следов эрозии (кроме кровли слоя 20), а глинистый материал по ходам роющих организмов проникает в верхнюю часть карбонатных слоев. Глинистые частицы могли приноситься ветрами и осаждался в спокойноводной обстановке в условиях ограниченного аккомодационного пространства. В некоторых случаях глинистые слои, по всей видимости, были размывы во время последнего подъема относительного уровня моря. Их вероятное присутствие можно установить по наличию интенсивно биотурбированных биокластово-пелитоморфных сильно глинистых известняков (слои 1 и 14, см. рис. 2) в кровле “мелеющих вверх циклитов”, содержащих также до 10–15% терригенного материала алевроитовой размерности.

Таким образом, во вскрытом карьере “Ихнитовый” интервале разреза башкирского яруса мож-

но видеть части восьми циклитов, четыре из которых относятся к верхам нижнебашкирского подъяруса и четыре – к верхнебашкирскому подъярису. Мощность наиболее полных циклитов составляет 0.9–1.9 м (B1-3, B2-1 и B 2-3; см. рис. 2). Более мелкие и неполные циклиты имеют мощность, редко превышающую 0.5 м. По своей архитектуре, описанные циклиты относятся, по всей видимости, к типу “мелеющих вверх циклитов”. Эти высокочастотные осадочные циклы (парасеквенции) являются основой сиквенс-стратиграфических единиц карбонатных платформ. Такие парасеквенции ограничиваются незначительными морскими поверхностями затопления, по которым более глубоководные отложения резко перекрывают мелководные (Flügel, 2010). Эти колебания в среднекаменноугольное время, как правило, интерпретируются как отражение гляцио-эвстатических колебаний уровня моря (Montanez, Poulsen, 2013).

Ихнофоссилии

Как отмечалось ранее, в изученном разрезе ихнофоссилии встречены по всему вскрываемому интервалу, однако степень биотурбации увеличивается к верхним частям парасеквенций. В породах ходы чаще проявлены в виде полного рельефа и эпирельефа, реже встречается выпуклый гипорельеф. В целом для интервала отмечен следующий комплекс ихнотаксонов: *Chondrites intricatus* (Brongniart, 1828), *Rhizocorallium commune* Schmid, 1876, *Teichichnus cf. rectus* Seilacher, 1955, *Undichna unisulca* de Gibert et al., 1999, *Halopoda?* isp., *Lockeia* isp., *Palaeophycus* isp., *Planolites* isp., *Skolites?* isp., *Thalassinoides* isp., *Zoophycos* isp. Продуцентами большинства отмеченных следов являлись различные водные беспозвоночные преимущественно червеобразной формы. Мелкими двусторонними моллюсками оставлены следы покоя *Lockeia*, сохранившиеся в виде гипорельефа. Ходы *Rhizocorallium*, *Thalassinoides* и некоторые *Planolites*, по всей видимости, принадлежали ракообразным и/или полихетам. Единично отмеченный след *Undichna* (рис. 6г) оставлен, вероятно, проплывавшей рыбой. Одиночные синусоидально изогнутые следы *U. unisulca* обычно интерпретируют как результат касания дна хвостовым или анальным плавником, и их продуцентами могли выступать представители различных групп ихтиофауны (Carbonatto, Melchor, 2014). Похожие следы из фациально близких пенсильванских отложе-

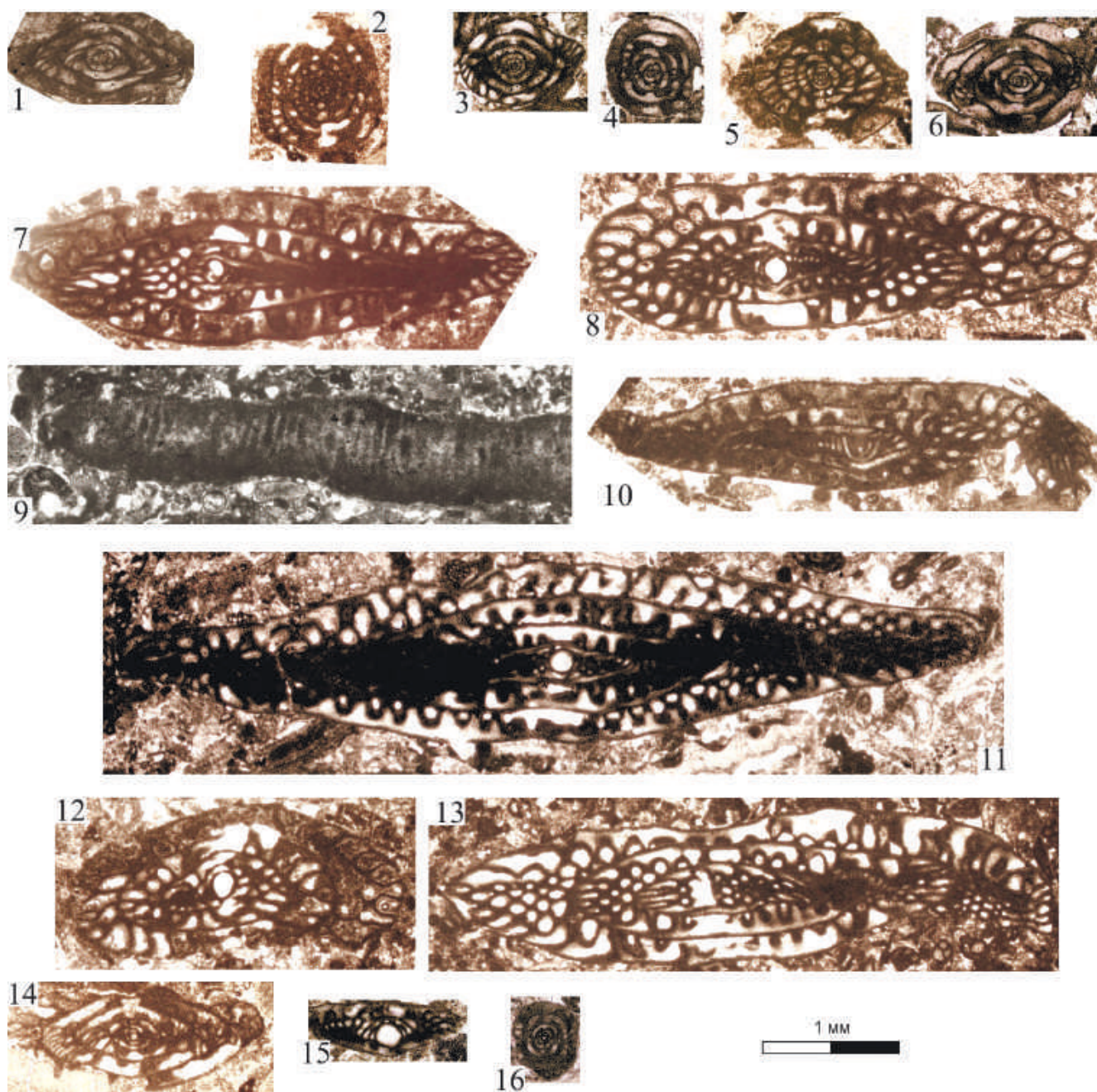


Таблица II. Характерные комплексы фораминифер и водорослей в разрезе “Выемка”. Верхняя часть верейского горизонта московского яруса.

1 – *Profusulinella primitiva* Sosn., обр. тн2/1, шл. 1; 2 – *Pseudostaffella subquadrata* Grozd. et Leb., обр. тн2/4, шл. 6; 3 – *Depratina* (*Profusulinella*) *eoprisca* R.Ivan., обр. тн2/1, шл. 10; 4 – *Pseudostaffella gorskyi* (Dutk.), обр. тн2/1, шл. 8; 5 – *Depratina* (*Profusulinella*) *prisca* (Deprat), обр. тн2/2, шл. 7; 6 – *Profusulinella chernovi* Raus., обр. тн2/2, шл. 1; 7 – *Eofusulina triangula* Raus. et Bel., обр. тн2/3, шл. 12; 8 – *Eofusulina triangula* Raus. et Bel., обр. тн2/3, шл. 1; 9 – водоросль *Epimastopora* sp., обр. тн2/2, шл. 8; 10 – *Paraeofusulina trianguliformis* (Putrja), обр. тн2/3, шл. 11; 11 – *Paraeofusulina trianguliformis* (Putrja), обр. тн2/3, шл. 4; 12 – *Eofusulina tashlensis* Malakh., обр. тн2/3, шл. 5; 13 – *Eofusulina triangula* cf. *rasdorica* (Putrja), обр. тн2/3, шл. 6; 14 – *Aljutovella aljutovica* (Raus.), обр. тн2/4, шл. 3; 15 – *Eofusulina triangula minima* Malakh., обр. тн2/3, шл. 6; 16 – *Neostaffella ivanovi* (Raus.), обр. тн2/4, шл. 8.

Table II. Typical assemblages of foraminifers and algae of the “Vyemka” section. The upper part of the Vereiskian Regional Stage of the Moscovian Stage.

1 – *Profusulinella primitiva* Sosn., sample #тн2/1, thin-section 1; 2 – *Pseudostaffella subquadrata* Grozd. et Leb., sample #тн2/4, thin-section 6; 3 – *Depratina* (*Profusulinella*) *eoprisca* R.Ivan., sample #тн2/1, thin-section 10; 4 – *Pseudostaffella gorskyi*

(Dutk.), sample #тн2/1, thin-section 8; 5 – *Depratina (Profsulinella) prisca* (Deprat), sample #тн2/2, thin-section 7; 6 – *Profusulinella chernovi* Raus., sample #тн2/2, thin-section 1; 7 – *Eofusulina triangula* Raus. et Bel., sample #тн2/3, thin-section 1; 8 – *Eofusulina triangula* Raus. et Bel., sample #тн2/3, thin-section 1; 9 – *Epimastopora* sp., sample #тн2/2, thin-section 8; 10 – *Paraeofusulina trianguliformis* (Putrja), sample #тн2/3, thin-section 11; 11 – *Paraeofusulina trianguliformis* (Putrja), sample #тн2/3, thin-section 4; 12 – *Eofusulina tashlensis* Malakh., sample #тн2/3, thin-section 5; 13 – *Eofusulina triangula* cf. *rasdorica* (Putrja), sample #тн2/3, thin-section 6; 14 – *Aljutovella aljutovica* (Raus.), sample #тн2/4, thin-section 3; 15 – *Eofusulina triangula minima* Malakh., sample #тн2/3, thin-section 6; 16 – *Neostaffella ivanovi* (Raus.), sample #тн2/4, thin-section 8.

ний Испании, например, приписывают хрящевым рыбам (Soler-Gijon, Moratalla, 2001). Ниже подробнее рассматриваются наиболее характерные для данного комплекса ихнотаксоны и их связь с определенным типом осадконакопления.

По встречаемости в высыпках пород из стенок карьера доминируют ходы *Rhizocorallium commune* var. *irregulare* (Mayer, 1954), приуроченные к верхним поверхностям плит известняковых песчаников. Общая ширина U-образных следов варьируется от 6 до 10 см при диаметре хода около 1.5–2 см (см. рис. 6а, е). В шпрейтовой части наблюдаются обильные скопления фекальных пеллет *Coprulus oblongus* Mayer 1952, ориентированных большей частью хаотически (см. рис. 6д). Ходы *Rhizocorallium* очень широко распространены в разнофациальных отложениях всего фанерозоя, однако для конкретных условий обитания, как правило, характерен определенный набор морфологических признаков. Так, упорядоченная ориентация следов может свидетельствовать о действии в бассейне выраженных регулярных течений. Встреченная в карьере “Ихнитовый” разновидность *R. commune* var. *irregulare* чаще всего приурочена к отложениям мягкого дна, сформировавшимся в литоральной зоне низкоградиентных приливных равнин (Knaust, 2013). В таких же условиях формируются и микробиальные пленки, о присутствии которых можно судить по встреченным совместно с *Rhizocorallium* характерным текстурам типа *Kinneuia* на поверхностях слоев (см. рис. 6е).

Ходы *Chondrites* также широко распространены в морских тонкозернистых карбонатных отложениях, сформировавшихся в диапазоне обстановок от прибрежных до зоны нижнего шельфа. В этой связи они могут быть приурочены к различным ихнофациям мягкого и плотного дна – от глоссифунгитовой до нерейтовой, но чаще ассоциируются с зоофикосовой ихнофацией (Baucon et al., 2020). Кроме того, *Chondrites* также часто служат индикатором спокойноводных условий, особенно при пониженном уровне содержания кислорода внутри богатого органикой осадка. Последнее, однако, более характерно для ихносообществ с обедненным таксономическим составом, вплоть до моновидовых (Martin, 2004), тогда как в сборах из карьера “Ихнитовый” они встречены совместно с *Rhizocorallium*, *Planolites*, *Skolitos?* и др. (см. рис. 6а, б).

Ходы *Zoophycos*, отмеченные как в высыпках пород, так и непосредственно в стенке карьера

ра (рис. 7а–в), дали название одной из классических ихнофаций – зоофикосовой, которая занимает промежуточное положение между относительно мелководной крузиановой и более глубоководной нерейтовой. В настоящее время, однако, присутствие *Zoophycos* рассматривают, скорее, не как показатель глубины бассейна, а как индикатор спокойноводных обстановок осадконакопления, которые могут наблюдаться и в достаточно мелководных условиях закрытой лагуны (Seilacher, 2007). В каменноугольных отложениях *Zoophycos* широко распространены и обычно приурочены к мелководно-морским фациям, где часто встречаются в ассоциации с *Chondrites* (Zhang et al., 2015). Таким образом, *Zoophycos* может иногда являться компонентом крузиановой ихнофации (Knaust et al., 2012). Наряду со сменой фациальной приуроченности для *Zoophycos* отмечены также направленные морфологические изменения, происходившие в течение всего фанерозоя (Zhang et al., 2015). Характерно, что ходы из изученного разреза имеют типичный каменноугольный облик (см. рис. 7а, б).

Несколько реже рассмотренных встречаются ходы, отнесенные к *Teichichnus* cf. *rectus*, при этом в ассоциации с ними обычно присутствуют многочисленные *Palaeophycus*, *Planolites* и некоторые другие следы (см. рис. 6в, г). В то же время для *T. rectus* чаще характерно образование моновидовых сообществ. Тем не менее, фациально они тоже тяготеют к мелководным морским обстановкам с низкой гидродинамикой (Knaust, 2018). К этому же ихнотаксону в действительности могут принадлежать ходы, предположительно отнесенные к *Halopoda?* и развитые в виде выпуклого гипорельефа на нижних поверхностях слоев (см. рис. 7б). Для более уверенной диагностики требуется дополнительное изучение их внутреннего строения.

Простые вертикальные норки *Skolitos?* не образуют здесь плотных моновидовых ихносообществ, характерных для одноименной сколитовой ихнофации, а представлены единичными экземплярами, встреченными в ассоциации с другими следами (см. рис. 6а). Похожую форму могут иметь текстуры, образовавшиеся в результате высачивания из осадка газообразных продуктов разрушения органического вещества (Rindsberg, 2005). Характер наших наблюдений не позволяет на данном этапе достоверно установить, являются ли отмеченные ходы истинными ихнофоссилиями. То же относится к сходным образованиям, присутствующим ме-

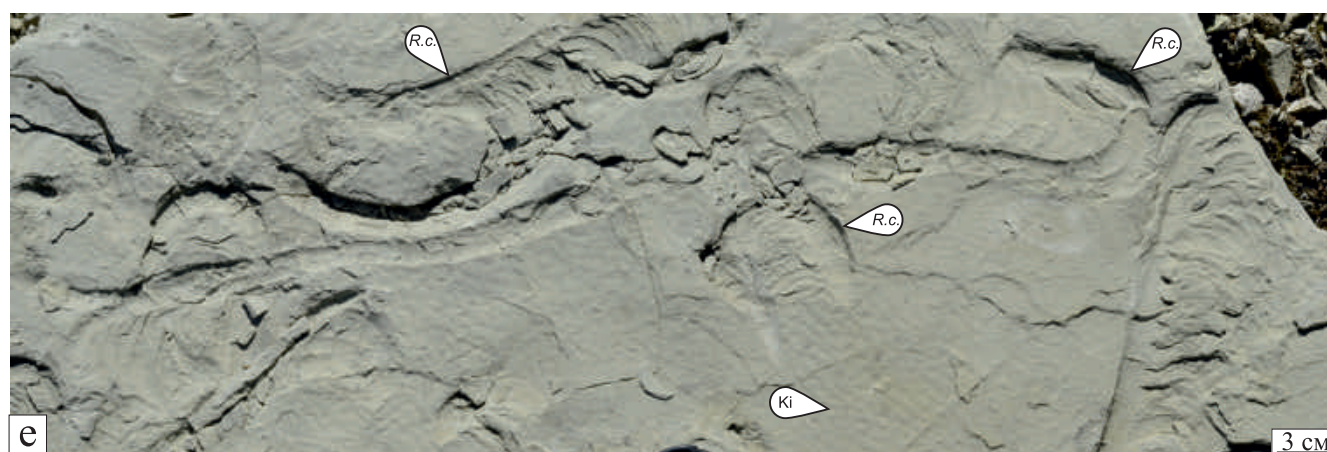
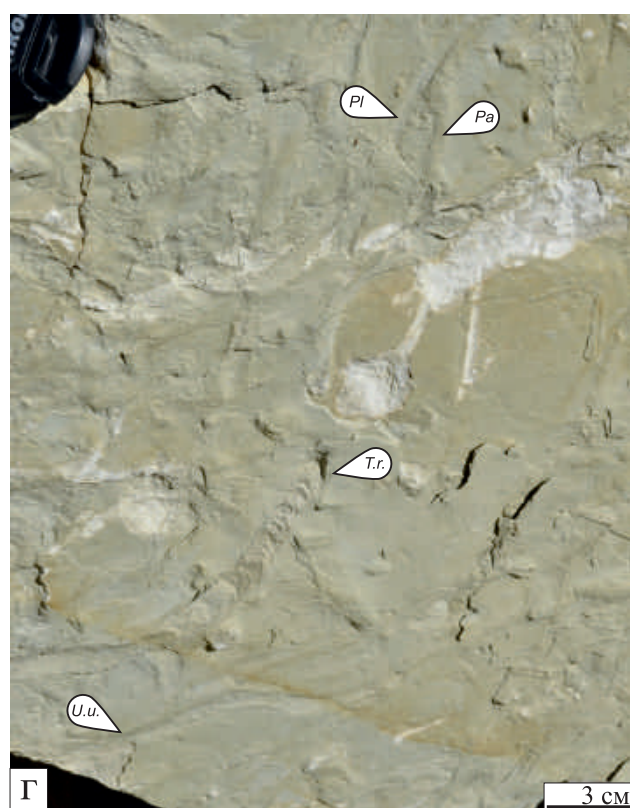
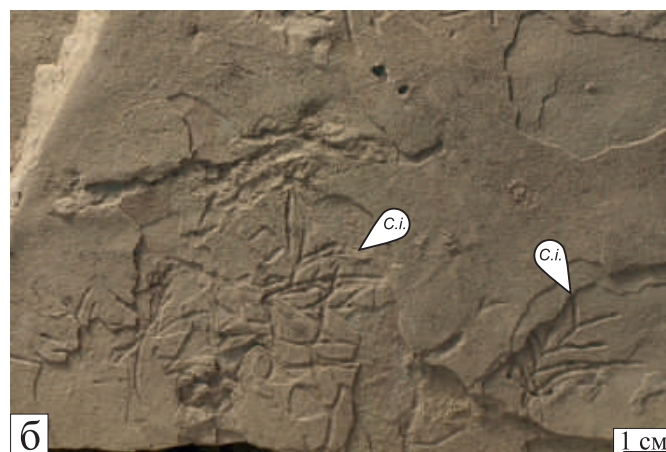
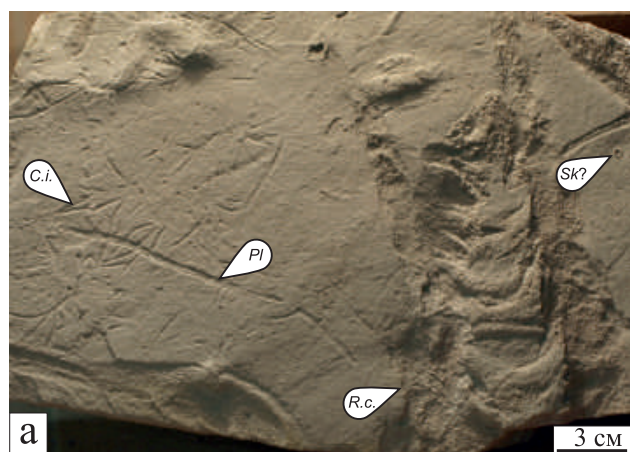


Рис. 6. Ихнофоссилии из карьера “Ихнитовый”.

а – обр. ИГКНЦ №392/29; б – обр. ИГКНЦ №392/35; в, г – полевые фото В.А. Салдина; д – Скопления фекальных pellets *Coprulus oblongus* Mayer 1952 в шпрейтовой части хода *Rhizocorallium commune* var. *irregulare* (Mayer, 1954), обр. ИГКНЦ №392/30; е – Поверхность напластования с ходами *R. commune* var. *irregulare* и текстурам типа *Kinneyia*. C.i. – *Chondrites intricatus* (Brongniart, 1828), R.c. – *Rhizocorallium commune* Schmid, 1876, T.r. – *Teichichnus* cf. *rectus* Seilacher, 1955, U.u. – *Undichna unisulca* de Gibert et al., 1999, Pa – *Palaeophycus* isp., Pl – *Planolites* isp., Sk? – *Skolitos?* isp., Ki – *Kinneyia*, полевое фото В.А. Салдина. На всех фото представлен эпирельеф.

Fig. 6. Trace fossils from the “Ikhnitovyi” quarry.

а – specimen IGKSC №392/29; б – specimen IGKSC №392/35; в, г – field photographs by V.A. Saldin; д – Accumulation of the faecal pellets *Coprulus oblongus* Mayer 1952 within the spreiten burrow of *Rhizocorallium commune* var. *irregulare* (Mayer, 1954), Specimen IGKSC №392/30; е – Bed surface with the *R. commune* var. *irregulare* burrows and *Kinneyia*-like structures, field photograph by V.A. Saldin. C.i. – *Chondrites intricatus* (Brongniart, 1828), R.c. – *Rhizocorallium commune* Schmid, 1876, T.r. – *Teichichnus* cf. *rectus* Seilacher, 1955, U.u. – *Undichna unisulca* de Gibert et al., 1999, Pa – *Palaeophycus* isp., Pl – *Planolites* isp., Sk? – *Skolitos?* isp., Ki – *Kinneyia*. All specimens shown are epirelief.

стами на поверхностях напластования совместно с трещинами усыхания (см. рис. 7е).

Таким образом, встреченный в изученном разрезе довольно разнообразный комплекс ихнофоссилий представлен в основном полифациальными таксонами. Тем не менее комплекс в целом характеризует крузиановую ихнофазию, развивающуюся обычно на мягком дне сублиторальной зоны выше базиса штормовых волн, но ниже базиса обычных и типичную для мелководно-морских и лагунных отложений (Knaust et al., 2012). Учитывая литологические особенности разреза, можно заключить, что осадконакопление происходило в мелководных спокойноводных условиях. Преобладали обстановки закрытой лагуны/низкоградиентной приливной равнины, что хорошо согласуется с литологическими характеристиками, описанными выше. Осадок, по всей видимости, был богат органическим веществом, однако окислительные процессы внутри него преобладали над восстановительными, что способствовало заселению его различными роющими организмами. Поверхность дна местами покрывали микробные пленки, спорадически она могла испытывать кратковременные субаэральные экспозиции.

Постседиментационные преобразования

Цементация. Цементы в изученных породах составляют незначительную часть; осадочные компоненты плотно прилегают (например, см. рис. 3в, 4а, е), иногда вдавливаясь друг в друга (см. рис. 3д, е). Такая плотная упаковка осадочных компонентов относится к механическим и химическим процессам, запускаемым при возрастании нагрузки на осадок во время погребения (Flügel, 2010). По данным А. Имменгаузер (Immenhauser, 2022), взаимное растворение карбонатных осадочных компонентов под давлением вышележащих осадков начинается уже на глубинах 300 м. Все это свидетельствует о том, что большая часть осадков достаточно долгое время не была сцементирована.

Там, где осадочные компоненты неплотно прилегают друг к другу, различаются несколько типов карбонатных цемента: а) цементы типа “собачий клык” (dog tooth); б) синтаксиальное разрастание кальцита; и в) блоковый (или иногда друзовый) спаритовый цемент. В единичных случаях в верейских отложениях отмечаются менисковые цементы (см. рис. 5д).

Цементы типа “собачьих клыков” являются самыми ранними, но в своем распространении ограничены только отдельными участками породы или окружают отдельные поры, особенно внутри некоторых органических остатков (кораллов, раковин брахиопод, остракод, талломов зеленых водорослей). Несмотря на то что они формируют каемки тоньше 0.05 мм (см. рис. 3б, в; 5в, ж), эти цементы дают первичный жесткий трехмерный каркас, который в некоторой степени может выдерживать литостатический пресс (Immenhauser, 2022). По всей видимости, эти цементы позволили сохранить некоторые ископаемые в объеме без дробления под давлением (см. рис. 3б). Цементы типа “собачьих клыков” образуются в метеорных и мелкопогребенных средах, но также обычны в морско-фреатических и гидротермальных условиях (Flügel, 2010). Учитывая локальное (пятнистое) распространение этого типа цемента, а также часто внутри крупных органогенных остатков, можно предположить их метеорное происхождение, когда цементация происходила вдоль крупных пор и проводящих каналов при выводе осадков в вадозные среды.

Синтаксиальное разрастание, по всей видимости, также является ранним цементом, так как препятствует уплотнению осадка рядом с члениками криноидей (см. рис. 3д; 5б, г). Оно представлено более чистым кальцитом, чем членики криноидей, хотя также имеет редкие мелкие пылеватые включения (см. рис. 5г), что свидетельствует об их приповерхностно-морском, вадозно-морском или метеорно-фреатическом происхождении (Flügel, 2010).

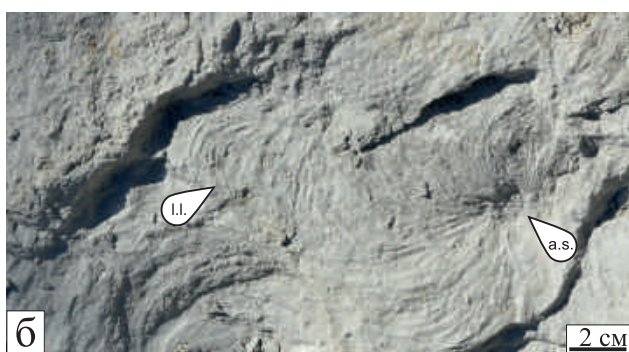


Рис. 7. Ихнофоссилии из карьера “Ихнитовый”, полевые фото (кроме “в”) В.А. Салдина.

а, б – *Zoophycos* isp., горизонтальный скол породы через слой, нижняя поверхность; в – *Zoophycos* isp., вертикальный скол породы через слой (фото С.Н. Игнатова); г – нижняя поверхность слоя с ходами (гипорельеф); д – ихнотекстура *Palaeophycus* – *Thalassinoides*, гипорельеф; е – верхняя поверхность слоя с трещинами усыхания и возможными следами выхода газов. *Ha?* – *Halopoda?* isp., *Pa* – *Palaeophycus* isp., a.s. – вертикальный осевой ход (шахта), l.l. – боковая лопасть шпрейтовой части хода, m.t. – маргинальный туннель боковой лопасти.

Fig. 7. Trace fossils from the “Ikhnitovyi” quarry, field photographs by V.A. Saldin (in exception of “v”).

a, b – *Zoophycos* isp. in the horizontally chipped bed surface, bottom side; в – *Zoophycos* isp. in the vertical section of the bed, field photograph by S.N. Ignatov; г – Trace fossils preserved as convex hyporelief; д – *Palaeophycus* – *Thalassinoides* ichnofabric, hyporelief; e – Bed surface with the desiccation cracks and probable gas-escape structures. *Ha?* – *Halopoda?* isp., *Pa* – *Palaeophycus* isp., a.s. – axial shaft, l.l. – lateral lobe, m.t. – marginal tunnel.

Блоковый спаритовый кальцит, как правило, заполняет немногочисленное оставшееся после уплотнения поровое пространство, а также оставшиеся полости внутри органогенных остатков. Это обычно кальцитовый цемент, состоящий из средне-крупнозернистых кристаллов без предпочтительной ориентировки. В порах чаще выглядит как заполняющий их одиночный кристалл (см. рис. 3в). Этот тип цемента обычен в метеорных средах, но также часто появляется как позднедиагенетический цемент, заполняющий остаточное поровое пространство, каковым он, по всей видимости, в данном случае и является.

Таким образом, изученные породы в целом испытали два эпизода цементации: (1) раннюю, характеризующуюся неравномерным связыванием части компонентов в вадозных или вадозно-фреатических средах, что сформировало кальциты типа “собачьих клыков” (а), синтаксиального разрастания (б) и менисковые цементы (последние только в верейских отложениях); и (2) позднюю, образующую позднедиагенетические блоковые спариты (в). Плотная упаковка осадочных компонентов свидетельствует о том, что осадки долгое время оставались неконсолидированными.

Пористость. В отличие от башкирских отложений карьера “Ихнитовый” в верейских породах разреза “Выемка” хорошо видна пористость. Обычно она образована межзерновыми остаточными порами, только частично заполненными цементами (см. рис. 5г, д). По всей видимости, эти осадки испытали вадозный диагенез в большей степени (широкое развитие цементов типа “собачьих клыков” и менисковых цементов), что сберегло их от литостатического пресса при погребении. Здесь также отмечено присутствие поздних блоковых цементов (см. рис. 5в), которые, в некоторых случаях, заполняют межзерновые поры только частично (см. рис. 5д).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в изученном разрезе карьера “Ихнитовый” выделяются аскынбашский (2.7 м), ташастинский (1.4 м) и акавасский (2.5 м) горизон-

ты башкирского яруса. В разрезе “Выемка” вскрыты отложения верхней части верейского горизонта московского яруса видимой мощностью 1.9 м.

Разрез карьера “Ихнитовый” имеет отчетливо циклическое строение. Нижняя часть циклитов выделяется по появлению толстоплитчатых кораллово-водорослевых известняков, маркирующих ингрессию моря. Выше их, как правило, залегают тонкоплитчатые известняковые (биокластово-пелоидные и пелоидно-биокластовые) тонкозернистые песчаники, отмечающие осадконакопление на низкоградиентной литоральной равнине со слабым движением вод (вероятно, малоамплитудных приливов). Зеленоватые иллит-хлоритовые глины являются наиболее мелководными членами парасеквенций и, по всей видимости, обозначают аккумуляцию навешанных ветрами глинистых частиц в запрудах при отсутствии карбонатного вещества в условиях низкого аккомодационного пространства.

Известняковые породы содержат разнообразные остатки зеленых водорослей при относительно однообразном составе красных водорослей и фузулинид, что, вероятно, указывает на некоторые вариации солёности.

Разрез карьера “Ихнитовый” охарактеризован довольно представительным комплексом ихнофоссилий, включающим *Chondrites*, *Halopoda?*, *Lockeia*, *Palaeophycus*, *Planolites*, *Rhizocorallium*, *Skolitos?*, *Teichichnus*, *Thalassinoides*, *Undichna*, *Zoophycos*. Отмеченный ихнокомплекс характеризует круизановую ихнофазию, развивающуюся обычно на мягком дне сублиторальной зоны выше базиса штормовых волн, но ниже базиса обычных и типичную для мелководно-морских и лагунных отложений.

Карбонатные осадки, вскрытые в разрезе карьера “Ихнитовый”, испытали две фазы цементации, разделенные фазой уплотнения. Ранние цементы, препятствовавшие уплотнению некоторых частей осадка и дроблению отдельных органических остатков, представлены скаленоздрическими кальцитами типа “собачьих клыков” и синтаксиальными разрастаниями кальцита по членам криноидей. Они характеризуют цементацию в вадозных

или вадозно-фреатических средах. Поздний блоковый кальцит залечивал полости, оставшиеся после уплотнения осадка.

Породы в разрезе “Выемка” интересны в первую очередь наличием представителей рода *Eofusulina*, а также практически классических карбонатных темпеститов. Здесь же имеются типичные вадозные менисковые цементы и пористость, характерная для верейского горизонта Южного Тимана (но без битумопроявлений).

Башкирские отложения карьера “Ихнитовый” имеют значительные различия по сравнению с одновозрастными породами более северных районов. По всей видимости, это связано с неоднородностью дна южнотиманского осадочного бассейна. Так, тонкозернистые вторичные доломиты, оолитовые и скрытокристаллические известняки в разрезах скважин на Зеленецкой площади (Воложанина, 1959; Гуревич и др., 1965) свидетельствуют, скорее, об осадконакоплении в прибрежных условиях. Литологические и палеоихнологические характеристики отложений в карьере “Ихнитовый” указывают на осадконакопление в тиховодных лагунных условиях в пределах низкоградиентной литоральной равнины с происходившими иногда ингрессиями моря. В то же время для нижнемосковских (верейских) отложений существенных различий в составе и строении пород на юге (разрез “Выемка”) и севере (Зеленецкая площадь) не выявлено. Это, скорее всего, является результатом непленизации дна осадочного бассейна в ранневерейское время (толща глин) и обширной морской трансгрессии в поздневерейское время.

Кроме того, изученные разрезы могут стать звеном в маршруте “Малого геологического кольца Республики Коми”, связав две группы объектов, расположенных в пределах возвышенности Джеджим Парма и ухтинской антиклинали.

Благодарности

Во время полевых исследований неоценимую помощь оказал С.Н. Игнатов. Полевые фотографии ихнофоссилий любезно предоставлены В.А. Салдиным (к.г.-м.н. в.н.с. лаборатории литологии и геохимии осадочных формаций ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН) и С.Н. Игнатовым. Ориентированные шлифы изготовлены Н.А. Байбородиной (центр пробоподготовки и обработки каменного материала ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН). Фотографирование микрофауны и микрофлоры производил А.Н. Шадрин (м.н.с. лаборатории литологии и геохимии осадочных формаций, ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН). Рентгено-дифракционный анализ глин проведен Ю.С. Симаковой (с.н.с. лаборатории минералогии ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН), пробы для анализа подготовлены В.А. Исаковым (геолог лаборатории геологии кайнозоя ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН). Важные замечания высказаны Э.В. Мычко (к.г.-м.н. с.н.с. Института океанологии им. Ширшова, г. Калининград) и А.И. Антошкиной (д.г.-м.н. г.н.с. лаборатории литологии и гео-

химии осадочных формаций ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН). Всем перечисленным лицам, а также рецензентам данной статьи авторы выражают свою глубокую признательность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев А.С. (2008) Каменноугольная система. *Состояние изученности стратиграфии докембрия и фанерозоя России. Задачи дальнейших исследований. Постановление МСК и его постоянных комиссий*. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, **38**, 61-68.
- Вилесов А.П. (2002) Граница башкирского и московского ярусов в разрезе Волинской параметрической скважины-1 (южная часть Верхнепечорской впадины). *Стратиграфия и палеогеография карбона Евразии*. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 45-52.
- Воложанина П.П. (1959) Стратиграфия среднего и верхнего карбона Южного Тимана. *Геология и нефтегазоносность Тимано-Печорской области / Труды ВНИГРИ*, **133**, 167-184.
- Губарева В.С. (1990) Цнинский горизонт (средний карбон) Восточно-Европейской платформы. *Бюлл. МОИП. Отд. геол.*, **65**(2), 51-60.
- Губарева В.С., Сунгатуллина Г.М. (2006) К вопросу о выделении цнинского горизонта московского яруса (средний карбон) Восточно-Европейской платформы. *Бюлл. МОИП*, **81**(3), 50-55.
- Гуревич Г.И., Гринченко С.Г., Лазаревич К.С., Крылов Ю.К., Вотинова В.А. (1965) Геологическое строение территории листа Р-40-ХІІІ. Отчет Пузлинской геолого-поисково-съёмочной партии по работам 1963-1964 гг. Текст отчета. Ухта, 264 с.
- Журавлев А.В., Вевель Я.А., Плотицын А.Н., Ерофеевский А.В., Лукин В.Ю. (2019) Позднетурнейские мелководные отложения востока Тимано-Печорской провинции (р. Кожва). *Нефтегазовая геология. Теория и практика*, **14**(4) http://www.ngtp.ru/rub/2019/37_2019.html
- Журавлев А.В., Плотицын А.Н., Вевель Я.А., Ерофеевский А.В. (2018) Пограничные отложения девона и карбона на Воркутинском поперечном поднятии (р. Большая Уса). *Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки*, **160**(3), 467-483.
- Иванова Р.М. (1999) Разрез “Сокол” – гипостратотип башкирского яруса среднего карбона на Урале. *Материалы по стратиграфии и палеонтологии Урала. Вып. 2. Сб. науч. тр.* Екатеринбург: УрО РАН, 21-37.
- Иванова Р.М. (2002) Фузулинидовы зоны московского яруса Урала. *Стратиграфия и палеогеография карбона Евразии*. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 127-138.
- Иванова Р.М. (2008) Фузулиниды и водоросли среднего карбона Урала (зональная стратиграфия, палеобиогеография, палеонтология). Екатеринбург: УрО РАН, 204 с.
- Иванова Р.М. (2010) Цнинский горизонт нижнемосковского подъяруса Урала (средний карбон). *Ежегодник-2009. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН*, 26-29.
- Иванова Р.М. (2015) Эволюция зофузулинин и их роль в стратиграфии среднего карбона Урала. *Литосфера*, (5), 105-109.
- Калашников Н.В. (2005) Экосистемы раннего карбона Европейского Севера России. Екатеринбург: УрО РАН, 163 с.

- Николаев А.И. (2005) Фораминиферы и зональная стратиграфия башкирского яруса востока Тимано-Печорской провинции. *Бюлл. ВНИГРИ*, **2**, 158 с.
- Рейтлингер Е.А. (1963) Об одном палеонтологическом критерии установления границ нижнекаменноугольного отдела по фауне фораминифер. *Вопр. микропалеонтол.*, вып. 7, 22-56.
- Пономаренко Е.С., Антошкина А.И., Сандула А.Н., Салдин В.А. (2021) Малое геологическое кольцо Республики Коми. Путеводитель геологической экскурсии. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 60 с.
- Салдин В.А. (2008) Нижние Ворота р. Щугор. *Геологическое наследие Республики Коми (Россия)* (Сост. П.П. Юхтанов). Сыктывкар: Ин-т геологии Коми НЦ УрО РАН, 181-186.
- Соловьева М.Н. (1984) Средний карбон Евразии (биогеографическая дифференциация, зональные шкалы). *27-й Междунар. Геол. конгр. Стратиграфия. Секция С.01. Докл.*, 1, М.: Наука, 73-78.
- Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой) (1993). Екатеринбург: ИГТ УрО РАН, Уралгеолком, 151.
- Чувашов Б.И., Мизенс Г.А. (1991) Верхний палеозой р. Ай (западный склон Южного Урала). *Ежегодник-1990*. Свердловск: ИГТ УрО РАН СССР, 17-23.
- Шадрин А.Н., Сандула А.Н. (2018) Визейские карбонатные отложения в бассейне р. Илыч (Северный Урал): литология, изотопия, эволюция осадконакопления. *Вестн. Ин-та геол. Коми НЦ УрО РАН*, (5), 13-21.
- Baucon A., Bednarz M., Dufour S., Felletti F., Malgesini G., de Carvalho C. N., Niklas K. J., Wehrmann A., Batstone R., Bernardini F., Briguglio A., Cabella R., Cavalazzi B., Ferretti A., Zanzler H., McIlroy D. (2020) Ethology of the trace fossil *Chondrites*: Form, function and environment. *Earth Sci. Rev.*, **202**, 1-37 <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102989>
- Cardonatto M.C., Melchor R.N. (2014) Biomechanical Analysis of Fish Swimming Trace Fossils (*Undichna*): Preservation and Mode of Locomotion. *Experimental Approaches to Understanding Fossil Organisms* (Eds D.I. Hembree et al.) (Top. Geobiol., **41**, 265-303). https://doi.org/10.1007/978-94-017-8721-5_12
- Flügel E. (2010) Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application. Berlin: Springer Publisher, 984 p.
- Immenhauser A. (2022) On the delimitation of the carbonate burial realm. *Dep. Rec.*, **8**(2), 524-574. <https://doi.org/10.1002/dep2.173>
- Knaust D. (2013) The ichnogenus *Rhizocorallium*: Classification, trace makers, palaeoenvironments and evolution. *Earth Sci. Rev.*, **126**, 1-47 <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.04.007>
- Knaust D. (2018) The ichnogenus *Teichichnus* Seilacher, 1955. *Earth Sci. Rev.*, **177**, 386-403. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.11.023>
- Knaust D., Curan H.A., Dronov A.V. (2012) Shallow-Marine Carbonates. *Trace Fossils as Indicators of Sedimentary Environments* (Develop. Sediment.), **64**, 705-750 <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53813-0.00023-X>
- Leuschner D.C., Sirocco F., Grootes P.M., Erlenkeuser H. (2002) Possible influence of *Zoophycos* bioturbation on radiocarbon dating and environmental interpretation. *Marine Micropaleontol.*, **46**, 111-126.
- Löwemark L., Grootes P.M. (2004) Large age differences between planktic foraminifers caused by abundance variations and *Zoophycos* bioturbation. *Paleoceanography*, **19**, PA2001, <https://doi.org/10.1029/2003PA000949>
- Martin K.D. (2004) A re-evaluation of the relationship between trace fossils and dysoxia. *The Application of Ichthyology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis* (Geol. Soc. Lond., Spec. Publ., **228**, 141-156).
- Montanez I.P., Poulsen C.J. (2013) The Late Paleozoic ice age: An evolving paradigm. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, **41**, 629-656. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth.031208.100118>
- Pratt B.R., Raviolo M.M., Bordonaro O.L. (2012) Carbonate platform dominated by peloidal sands: Lower Ordovician La Silla Formation of the eastern Precordillera, San Juan, Argentina. *Sedimentology*, **59**, 843-866.
- Rindsberg A.W. (2005) Gas-escape structures and their paleoenvironmental significance at the Steven C. Minkin Paleozoic Footprint Site (Early Pennsylvanian, Alabama). *Pennsylvanian Footprints in the Black Warrior Basin of Alabama* (Alabama Paleontological Society Monograph), (1), 177-183.
- Seilacher A. (2007) Trace Fossil Analysis. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 226 p.
- Soler-Gijón R., Moratalla J.J. (2001) Fish and tetrapod trace fossils from the Upper Carboniferous of Puertollano, Spain. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **171**, 1-28.
- Zhang L.-J., Fan R.-Y., Gong Y.-M. (2015) *Zoophycos* macroevolution since 541 Ma. *Sci. Rep.*, **5**, 1-10. <https://doi.org/10.1038/srep14954>

REFERENCES

- Byull. MOIP*, **81**(3), 50-55. (In Russ.)
- Gurevich G.I., Grinchenko S.G., Lasarevich K.S., Krylov Yu.K., Votina V.A. (1965) Geological structure of the territory of the sheet P-40-XIII. Report of the Puzliskaya geological prospecting and survey team on the work of 1963-1964. Report text. Ukhta, 264 c. (In Russ.)
- Immenhauser A. (2022) On the delimitation of the carbonate burial realm. *Dep. Rec.*, **8**(2), 524-574. <https://doi.org/10.1002/dep2.173>
- Ivanova R.M. (1999) The "Sokol" section – a hypostatotype of the Bashkirian stage of the Middle Carboniferous in the Urals. *Materials on stratigraphy and paleontology of the Urals. Iss. 2. Collection of scientific papers*. Ekaterinburg, UB RAS, 21-37. (In Russ.)
- Ivanova R.M. (2002) Fusulinid zones of the Moscovian of the Urals. *Stratigraphy and paleogeography of the Carboniferous of Eurasia*. Ekaterinburg, IGG UB RAS, 127-138. (In Russ.)
- Ivanova R.M. (2008) Fusulinids and algae of the Middle Carboniferous of the Urals (zonal stratigraphy. Paleobiogeography, paleontology). Ekaterinburg, UB RAS, 204 p. (In Russ.)
- Ivanova R.M. (2010) Tsniskian horizon of the Lower Moscovian of the Urals (Middle Carboniferous). *Yearbook-2009*. Ekaterinburg, IGG UB RAS, p. 26-29. (In Russ.)
- Ivanova R.M. (2015) The eofusulinids evolution and their role in the Middle Carboniferous stratigraphy of the Urals. *Lithosphere*, (5), 105-109. (In Russ.)
- Kalashnikov V.V. (2005) Ecosystem of the Early Carboniferous of the European North of Russia. Ekaterinburg, UB RAS, 163 c. (In Russ.)
- Knaust D. (2013) The ichnogenus *Rhizocorallium*: Classification, trace makers, palaeoenvironments and evolution. *Earth Sci. Rev.*, **126**, 1-47 <https://doi.org/10.1016/j.earsci-rev.2013.04.007>
- Knaust D. (2018) The ichnogenus *Teichichnus* Seilacher, 1955. *Earth Sci. Rev.*, **177**, 386-403. <https://doi.org/10.1016/j.earsci-rev.2017.11.023>
- Knaust D., Curan H.A., Dronov A.V. (2012) Shallow-Marine Carbonates. *Trace Fossils as Indicators of Sedimentary Environments (Develop. Sedimentol.)*, **64**, 705-750 <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53813-0.00023-X>
- Leuschner D.C., Sirocko F., Grootes P.M., Erlenkeuser H. (2002) Possible influence of *Zoophycos* bioturbation on radiocarbon dating and environmental interpretation. *Marine Micropaleontol.*, **46**, 111-126.
- Löwemark L., Grootes P.M. (2004) Large age differences between planktic foraminifers caused by abundance variations and *Zoophycos* bioturbation. *Paleoceanography*, **19**, PA2001, <https://doi.org/10.1029/2003PA000949>
- Martin K.D. (2004) A re-evaluation of the relationship between trace fossils and dysoxia. *The Application of Ich-nology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis (The Geol. Soc. Lond., Spec. Publ.)*, **228**, 141-156.
- Montanez I.P., Poulsen C.J. (2013) The Late Paleozoic ice age: An evolving paradigm. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, **41**, 629-656. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.031208.100118>
- Nikolaev A.I. (2005) Foraminifera and zonal stratigraphy of the Bashkirian Stage in the East of the Timan-Pechora province. *Byull. VNIGRI*, **2**, 158 c. (In Russ.)
- Ponomarenko E.S., Antoshkina A.I., Sandula A.N., Saldin V.A. (2021) Small geological ring of the Komi Republic. Geological tour guide. Syktyvkar, IG Komi SC UB RAS, 60 p. (In Russ.)
- Pratt B.R., Raviolo M.M., Bordonaro O.L. (2012) Carbonate platform dominated by peloidal sands: Lower Ordovician La Silla Formation of the eastern Precordillera, San Juan, Argentina. *Sedimentology*, **59**, 843-866.
- Reitlinger E.A. (1963) On one paleontological criterion for establishing the boundaries of the Lower Carboniferous according to the foraminiferal fauna. *Voprosy Micropaleontol.*, (7), 22-56. (In Russ.)
- Rindsberg A.W. (2005) Gas-escape structures and their paleoenvironmental significance at the Steven C. Minkin Paleozoic Footprint Site (Early Pennsylvanian, Alabama). *Pennsylvanian Footprints in the Black Warrior Basin of Alabama (Alabama Paleontological Society Monograph)*, (1), 177-183.
- Saldin V.A. (2008) Lower Gate of the Shchugor River. *Geological heritage of the Komi Republic (Russia)* (Copil. P.P. Yukhtanov). Syktyvkar, IG Komi SC UB RAS, 181-186. (In Russ.)
- Seilacher A. (2007) Trace Fossil Analysis. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 226 p.
- Shadrin A.N., Sandula A.N. (2018) Visean carbonate deposits in the Ilych River Basin (Northern Urals): lithology, isotopy, sedimentation evolution. *Vestnik Instituta Geologii, Komi SC UB RAS*, (5), 13-21. (In Russ.)
- Soler-Gijón R., Moratalla J.J. (2001) Fish and tetrapod trace fossils from the Upper Carboniferous of Puertollano, Spain. *Palaeogeography, Palaeoecology, Palaeoclimatology*, **171**, 1-28.
- Solov'jova M.N. (1984) Middle Carboniferous of Eurasia (biogeographic differentiation, zonal scales). *27th Intern. Geol. Congr. Stratigraphy section C.01. Reports*, **1**, Moscow, Nauka Publ., 73-78. (In Russ.)
- Stratigraphic schemes of the Urals (Precambrian, Paleozoic). (1993) Ekaterinburg, IGG UB RAS, Urageolcom Publ., 151. (In Russ.)
- Vilesov A.P. (2002) The Bashkirian and Moscovian stages boundary in the Volinsky parametric well-1 section (southern part of the Verkhnepechorskaya depression). *Stratigraphy and paleogeography of the Carboniferous Eurasia*. Ekaterinburg: IGG UB RAS, 45-52. (In Russ.)
- Volozhanina P.P. (1959) Stratigraphy of the Middle and Upper Carboniferous of the Southern Timan. *Geology and oil and gas content of the Timan-Pechora region*. Trydy VNIGRI, **133**, 167-184. (In Russ.)
- Zhang L.-J., Fan R.-Y., Gong Y.-M. (2015) *Zoophycos* macroevolution since 541 Ma. *Sci. Rep.*, **5**, 1-10. <https://doi.org/10.1038/srep14954>
- Zhuravlev A.V., Plotitsyn A.N., Vevel' Ya.A., Erofeevskiy A.V. (2018) Devonian and Carboniferous deposits boundary on the Vorkuta transverse uplift (Bol'shaya Usa River). *Uchen. Zap. Kazanskogo Un-ta. Estestv. Nauki*, **160**(3), 467-483. (In Russ.)
- Zuravlev A.V., Vevel' Ya.A., Plotitsyn A.N., Erofeevskiy A.V., Lukin V.Yu. (2019) Late Tournasian shallow-water deposits of the east of the Timan-Pechora province (Kozhva River). *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya i Praktika*, **14**(4) http://www.ngtp.ru/rub/2019/37_2019.html (In Russ.)