

Научная статья

УДК 551.83+551.736.1 (470.57)

DOI: 10.31084/2619-0087/2023-2-1

ЛИТОФАЦИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗВЕСТНЯКОВ НИЖНЕЙ ПЕРМИ СТЕРЛИТАМАКСКИХ ШИХАНОВ

Е. Н. Горожанина, В. М. Горожанин, Н. С. Сагдеева

*Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа, gorozhanin@ufaras.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4567-0758>*

В статье рассмотрены литофациальные особенности известняков ассельского и сакмарского ярусов приуральского отдела нижней перми, слагающих горы-одиночки Юрактау, Куштау и Тратау по правобережью р. Белой у города Стерлитамак в Башкирском Приуралье. В составе известняков выделены биогермные и биокластические (обломочные) литофации. Биогермные разности представлены мшанковыми и коралловыми фреймстоунами и рудстоунами, тубифитесовыми пакстоунами, палеоапличиновыми баундстоунами и рудстоунами. Зернистые или биокластовые литофации представлены фузулинидовыми, криноидно-фузулинидовыми грейнстоунами, мшанковыми и мшанково-тубифитесовыми пакстоунами, криноидными и полибиокластовыми пакстоунами и вакстоунами. В разрезе нижнепермских известняков преобладают полибиокластовые пакстоуны и криноидно-фузулинидовые грейнстоуны. В ассельской части разреза основания всех шиханов залегают мшанковые и мшанково-тубифитесовые литофации. Эти известняки слагают шихан Торатау. Коралловые литофации распространены в разрезе шихана Юрактау в привершинной части. На горе Куштау по данным бурения коралловые разности приурочены к верхней части разреза, к сакмарскому ярусу. Вершину горы Куштау слагают палеоапличиновые известняки, образующие пластовые биогермы мощностью до 40 м. Распределение литотипов известняков по разрезу показывают смену мшанково-тубифитесовой ассоциации в ассельское время кораллово-палеоапличиновыми биогермами в сакмарское время.

Ключевые слова: приуральский отдел, ассельский ярус, сакмарский ярус, литофации, рифы, биогермы, тубифиты, фузулиниды, мшанки, кораллы, палеоапличины, грейнстоуны, пакстоуны, криноидные вакстоуны, штормовое влияние, мелководный шельф.

Благодарности: Работа выполнена в соответствии с планами научно-исследовательских работ ИГ УФИЦ РАН по темам гос. заданий FMRS-2022–0010 и FMRS-2022–0015. Авторы выражают искреннюю признательность руководству АО «Сырьевая компания» и лично А. В. Шкурко за предоставленную возможность изучения керна.

Original article

LITHOFACIAL FEATURES OF THE LOWER PERMIAN LIMESTONES OF THE STERLITAMAK SHIKHANS

E. N. Gorozhanina, V. M. Gorozhanin, N. S. Sagdeeva

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

The article deals with the lithofacial features of the Asselian and Sakmarian limestone of the Cisuralian Series of the Permian System, composing the particular mountains Yuraktau, Kushtau and Tratau on the

Для цитирования: Горожанина Е. Н., Горожанин В. М., Сагдеева Н. С. Литофациальные особенности известняков нижней перми Стерлитамакских шиханов // Геологический вестник. 2023. № 2. С. 4–25. DOI: 10.31084/2619-0087/2023-2-1

For citation: Gorozhanina E. N., Gorozhanin V. M., Sagdeeva N. S. Lithofacial features of the Lower Permian limestones of the Sterlitamak shikhans. *Geologicheskii vestnik*. 2023. No. 2. P. 4–25. DOI: 10.31084/2619-0087/2023-2-1

© Е. Н. Горожанина, В. М. Горожанин, Н. С. Сагдеева, 2023

right bank of the Belaya River near the city of Sterlitamak in the Bashkir PreUrals. Biohermic and bioclastic (detrital) lithofacies are distinguished in the limestone composition. Biohermic types are represented by bryozoans and coral framestones and rudstones, tubiphytes packstones, palaeoaplisyna boundstones and rudstones. Granular or bioclastic lithofacies are represented by fusulinid, crinoid-fusulinid grainstones, bryozoans and bryozoans-tubiphytes packstones, crinoid and polybioclastic packstones and wackstones. Polybioclastic packstones and crinoid-fusulinid grainstones predominate in the section of the Lower Permian limestones. In the Asselian part of the section, at the base of the shikhans, there are bryozoans and bryozoans-tubiphytes lithofacies. These limestones make up the shihan Toratau. Coral lithofacies are common in the section of shikhan Yuraktau in the upper part. On the Mount Kushtau, according to drilling data, coral types are confined to the upper part of section, to the Sakmaian stage. The top of Mount Kushtau is composed of palaeoaplisyna limestones composing stratified bioherms with a thickness of up to 40 m. The distribution of limestone lithotypes by section shows the change of the bryozoans-tubiphytes association in Asselian time by coral- palaeoaplisyna bioherms in the Sakmarian time.

Keywords: Cisuralian Series, Asselian stage, Sakmarian stage, lithofacies, reefs, bioherms, tubiphytes, fusulinids, bryozoans, corals, palaeoapelesyna, grainstones, packstones, crinoid wackstones, storm influence, shallow shelf.

Acknowledgements: The work was carried out in accordance with the plans of research work of the IG UFIC RAS on the topics of state assignments FMRS-2022–0010 and FMRS-2022–0015. The authors express their sincere gratitude to the management of JSC “Syrjevaya Compania” and personally A. V. Shkurko for the opportunity to study cores.-

ВВЕДЕНИЕ

Стерлитамакские одиночные горы-шиханы представляют собой фрагменты рифовой системы, окаймлявшей шельфовую окраину Восточно-Европейского континента в раннепермское время (280–300 млн. лет) [Пучков, 2000; Кулагина и др., 2015]. Шиханы сложены органогенными известняками, содержащими большое количество окаменелых морских организмов: брахиопод, гастропод, мшанок, известковых губок, фузулинид, криноидей, одиночных и колониальных кораллов, аммоноидей, тубифитесов, палеоаплизин. Эти организмы заселяли краевую зону шельфа, составляя рифовое сообщество [Шамов, 1984; Чувашов, Гареев, 2014; Кулагина и др., 2015].

Уникальность Стерлитамакских шиханов Юрактау, Куштау и Тратау с геологической точки зрения обусловлена присутствием крупных открытых выходов биогермных известняков, в которых можно наблюдать и изучать рифовые биоценозы с различной фауной. В соответствии с преобладающим типом остатков фауны выделяются тубифитесовые (шамовелловы), мшанковые, брахиоподовые, криноидные, фузулиново-криноидные, гидрактиниоидные (палеоаплизинные), коралловые известняки. В рассеянном виде в известняках встречаются аммониты, гастроподы, иглокожие, трилобиты, разнообразные водоросли.

Изучение нижнепермских известняков началось с открытия месторождения нефти в погруженных рифовых массивах в районе д. Ишимбаево. С открытия Ишимбайского месторождения начались

нефтепоиски в Волго-Уральской области, приведшие к открытию крупной нефтегазоносной провинции. Четыре горы-одиночки, расположенные на Шиханском поднятии [Богданов, 1947], приподнятом над Ишимбайским нефтяным месторождением, расположенным на глубине 0.5–1.0 км, послужили важным элементом прогнозирования и последующего открытия нефтяных месторождений в погруженных рифовых массивах, расположенных к югу и северу от Шиханского поднятия [Блохин, Карпенко, 1937].

Первоначальное биостратиграфическое расчленение разреза было выполнено Д. М. Раузер-Черноусовой [1950, 1991] по фузулинидам и приведена характеристика литофаций. Палеонтологическое обоснование возраста известняков, слагающих шиханы Тратау и Шахтау, на основе фауны фораминифер дано в серии публикаций [Чувашов и др., 1996; Chernykh et al., 2015; Исакова и др., 2020 и ссылки в них].

Наиболее детально карбонатные фации описаны И. В. Королюк [Королюк, 1985] в карьере Шахтау, который также представлял собой гору-одиночку, впоследствии разрушенную.

Для выяснения сходства и различия строения шиханов, распределения фаций по разрезу и особенностей чередования и взаиморасположения биофациальных типов известняков и определения условий их накопления нами были предприняты детальные литофациальные исследования известняков трех шиханов. Детальность исследования обеспечило изучение керна скважин, пробуренных в 2017 году на г. Куштау ОАО Башкиргеология по заданию АО «Сырьевая компания».

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Методы исследования включали анализ фондовых и опубликованных материалов, литологическое описание пород, характеристику слоистости, выделение био-литотипов и литофаций, описание и фотографирование обнажений и штуфов, исследование пород в шлифах.

Материалом для исследования послужили образцы керна, штуфы и шлифы пород. Выделение литофаций пород проведено по комплексу макро- и микропризнаков.

При микрофациальном анализе известняков использована методика, изложенная в работе [Flügel, 2010], и классификация известняков по [Dunham, 1962]. Определение микрофаций дано по терминологии Данэма [Danham, 1962], в которой используется соотношение остатков фауны (биокластов) с вмещающим матриксом. В соответствии с этой

классификацией выделяются биогермные литофации: баундстоуны и фреймстоуны (коралловые и мшанковые каркасные известняки), рудстоуны (крупнообломочные известняки), и зернистые литофации: грейнстоуны, пакстоуны и вакстоуны — известняки, состоящие из мелких обломков разнообразной фауны.

Для анализа распределения литофаций по разрезу, использованы опубликованные и фондовые биостратиграфические данные, что позволило определить эволюцию условий осадконакопления.

МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ

Стерлитамакские (башкирские) шиханы расположены на правом берегу р. Белой к востоку от города Стерлитамака. Шиханы прослеживаются в виде линейной цепочки отдельных гор с севера на юг (рис. 1). Они образуют неотектоническое поднятие — Шиханский блок [Богданов, 1947; Пучков,

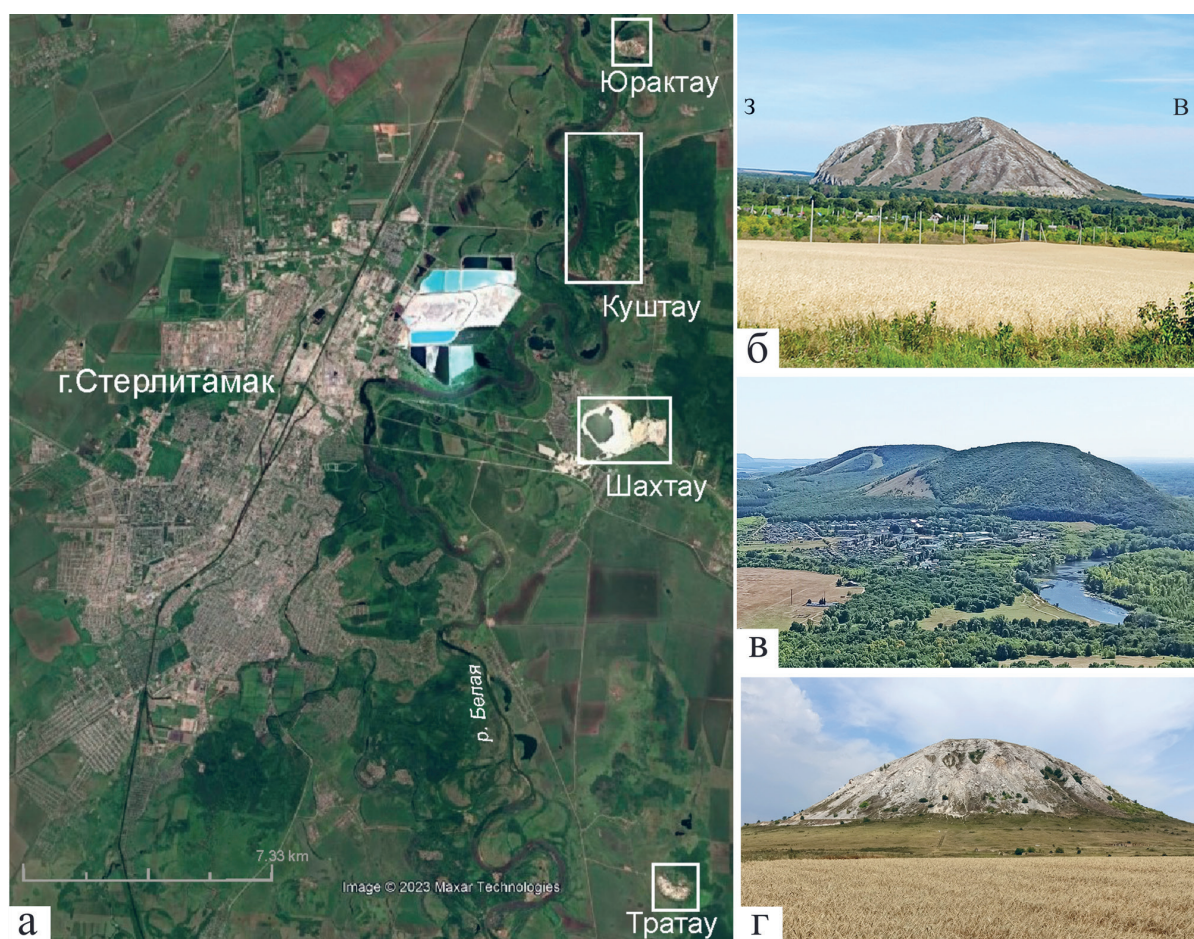


Рис. 1. Местоположение шиханов Юрактау (б), Куштау (в) и Торатау (Тратау) (г) на космоснимке района города Стерлитамак

Fig. 1. The location of the Yuraktau (б), Kushtau (в) and Toratau (г) shikhans on the satellite image of the Sterlitamak city area

2019; Горожанин, Горожанина, 2019]. Шиханский блок, с момента его выведения на поверхность Земли, подвергался эрозии и денудации. В результате этого четыре шиханы получили свое выражение в рельефе в виде гор-останцов [Королюк, 1985; Горожанина, Горожанин, 2019].

Шихан Юрактау является самым северным и представляет собой живописную куполовидную гору. Высота горы над долиной р. Белой — около 216 м, длина — 1000 м, ширина 850 м. Западный склон горы-останца срезан вертикальным обрывом, высотой около 100 м от подножия, северный склон залесен, южный и юго-восточный склоны открытые, относительно пологие, рассечены на гряды, по которым можно подняться наверх, на двухвершинный гребень [Путеводитель..., 1995].

Карбонатный массив Куштау расположен на правом берегу р. Белой, почти в центре Шиханского поднятия — между шиханом Юрактау и карьером Шахтау. Гора Куштау возвышается в виде субмеридионального хребта с тремя вершинами (абс. высота 357 м, относительная 251 м). В отличие от других гор-одинок, этот шихан сильно залесен. поэтому детали его геологического строения до последнего времени оставались неясными. В годы Великой Отечественной войны Башкирская нефтяная экспедиция, базировавшаяся в г. Уфе, организовала специальные работы по изучению стерлитамакских шиханов. Шиханским отрядом руководила И. В. Хворова, сохранились полевые дневники И. В. Хворовой с маршрутами, пройденными ею летом 1942 года на г. Куштау. Наблюдения, проведенные И. В. Хворовой в обнажениях и шурфах, остаются на сегодняшний день возможно единственными, поскольку последующая геологическая съемка 200-тысячного масштаба не внесла ничего нового. В 2017 г. АО «Сырьевая компания» выполнила на этом массиве поисково-оценочные работы на известняк, пробуравив более десятка разведочных скважин.

Гора Торатау — самая южная из четырех отдельных гор-шиханов в Шиханском тектоническом блоке, расположена между городами Стерлитамак и Ишимбай, находится между р. р. Белой и Селеуком. Торатау самый высокий из шиханов, его высота 402 м над уровнем моря., относительная — 270 м от уровня р. Белой, длина — 1200 м, ширина — 800 м. Он учрежден как комплексный памятник природы Постановлением Совета Министров Башкирской АССР № 465 от 17 августа 1965 г. «Об охране памятников природы Башкирской АССР» под названием: «Гора Тра-Тау»

[Реестр..., 2010]. Гора Торатау имеет форму купола с обрывистыми склонами и плоской вершиной. В средней части склона наблюдается пласт известняков, который из-за характера выветривания имеет фестончатый (кружевной) вид. Наиболее хорошо обнажена юго-западная и южная части массива.

ЛИТОФАЦИАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Известняки, слагающие шиханы Юрактау, Куштау и Торатау, можно разделить на две основные группы — биогермные, слагающие органогенные тела и постройки, и зернистые, сложенные мелкими обломками разнообразной фауны [Сагдеева, 2022]. По составу пороодообразующих остатков фауны и по соотношению матрикса и включений эти группы подразделяются на несколько разновидностей. Биогермные известняки подразделяются на каркасные баундстоуны и крупнобиокластовые рудстоуны. Среди зернистых разновидностей выделяются грейнстоуны, пакстоуны, вакстоуны и мадстоуны.

Биогермные литофации

Мшанковые известняки — баундстоуны, представлены серыми пятнистыми известняками с многочисленными включениями колоний сетчатых и ветвистых мшанок, часто с инкрустационными корочками (рис. 2 а, б, г, д, е) и темно-серыми тонкослоистыми участками микритового известняка (мадстоуна) между веточками мшанок (см. рис. 2 в). Неровные прерывистые прослои с мшанками, мощностью от 0.1 до 0.2 м, залегают среди светло-серых, тонкозернистых биокластовых известняков (см. рис. 2 а). Характерно обрастание мшанок трубчатыми водорослями онколитового типа (см. рис. 2 е), сами мшанки нарастают на остатках криноидей, образуя рифовый симбиоз [Журавлев, 2004]. Мшанковые известняки наиболее распространены на шихане Торатау. В мшанковых известняках часто наблюдается неравномерное развитие кристаллического кальцитового цемента — наряду с полностью инкрустированными баундстоунами (см. рис. 2 б, г, д, е) отмечаются участки, где сохранился тонкослоистый иловый матрикс — мадстоун (см. рис. 2 в, 10 д).

Тубифитесовые («водорослевые» или шамовелловые) известняки — по классификации [Danham, 1962] относятся к пакстоунам и вакстоунам (рис. 3 а — е), серые мелкозернистые, массивные, содержат многочисленные мелкие белые

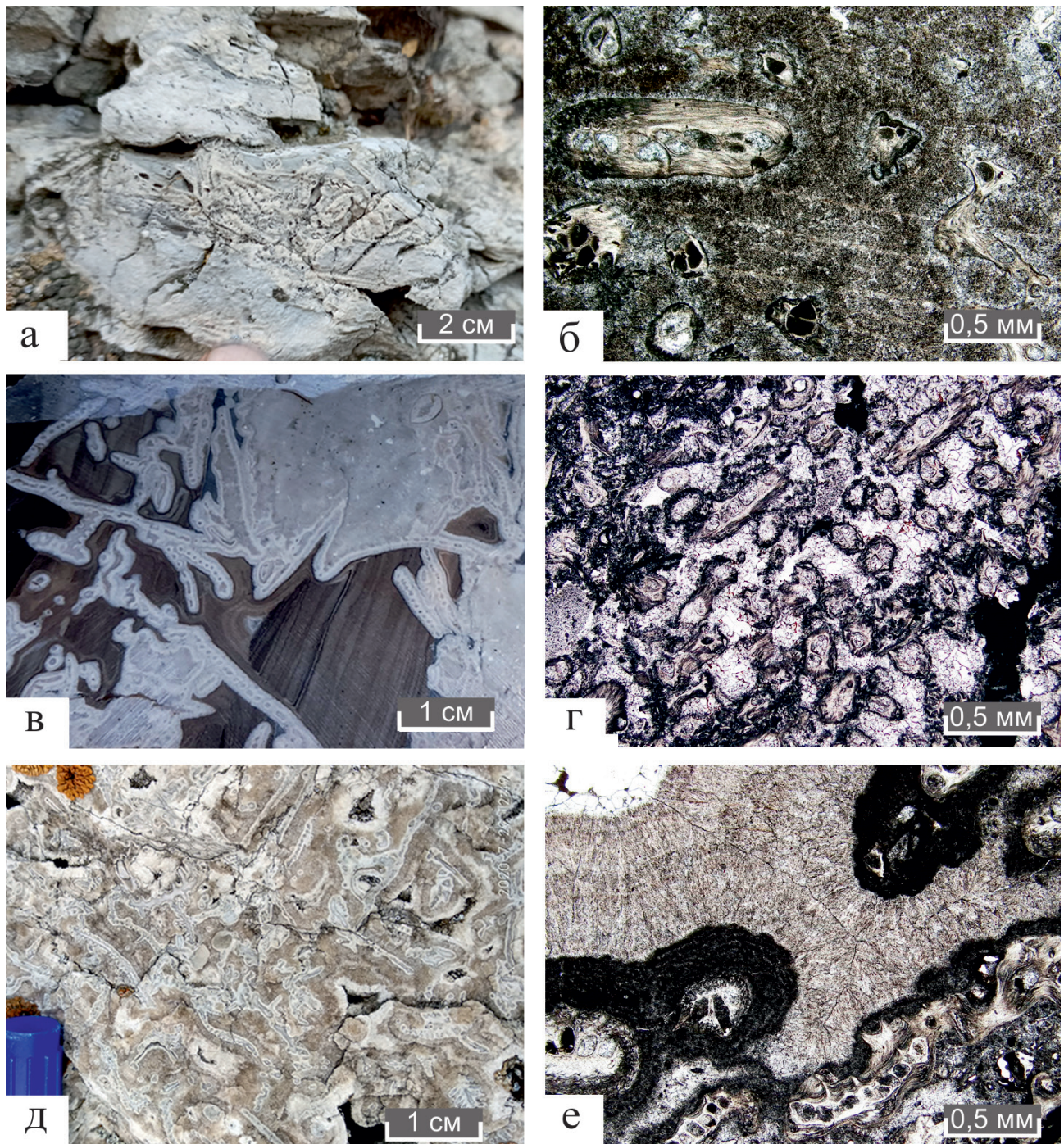


Рис. 2. Фотографии (а, в, д) и микрофотографии (б, г, е — шлифы, николи параллельны) биогермных мшанковых известняков

Условные обозначения: а, б, г, д, е — мшанковые баундстоуны и фреймстоуны с инкрустационным кальцитовым цементом, в — мшанковый фреймстоун с перекристаллизованными веточками мшанок в тонкослоистом иловом матриксе. а, б — Юрактау, юго-западное подножие; в, г — Куштау: в — штуф, скв. 24, гл. 135 м; г — шлиф, скв. 22, гл. 230.6 м; д, е — Торатау, южный склон.

Fig. 2. Photographs (а, в, д) and microphotographs (б, г, е — thin sections, nichols are parallel) of biohermic bryozoans limestones

Legend: а, б, г, д, е — bryozoans boundstones and framestones with encrusted calcite cement, в — bryozoans framestone with recrystallized branches of bryozoans in a thin-layered silt matrix. а, б — Yuraktau, south-western foot; в, г — Kushtau: в — sample, borehole 24, depth 135 m; г — sample, borehole 22, depth. 230.6 m; д, е — Toratau, southern slope.

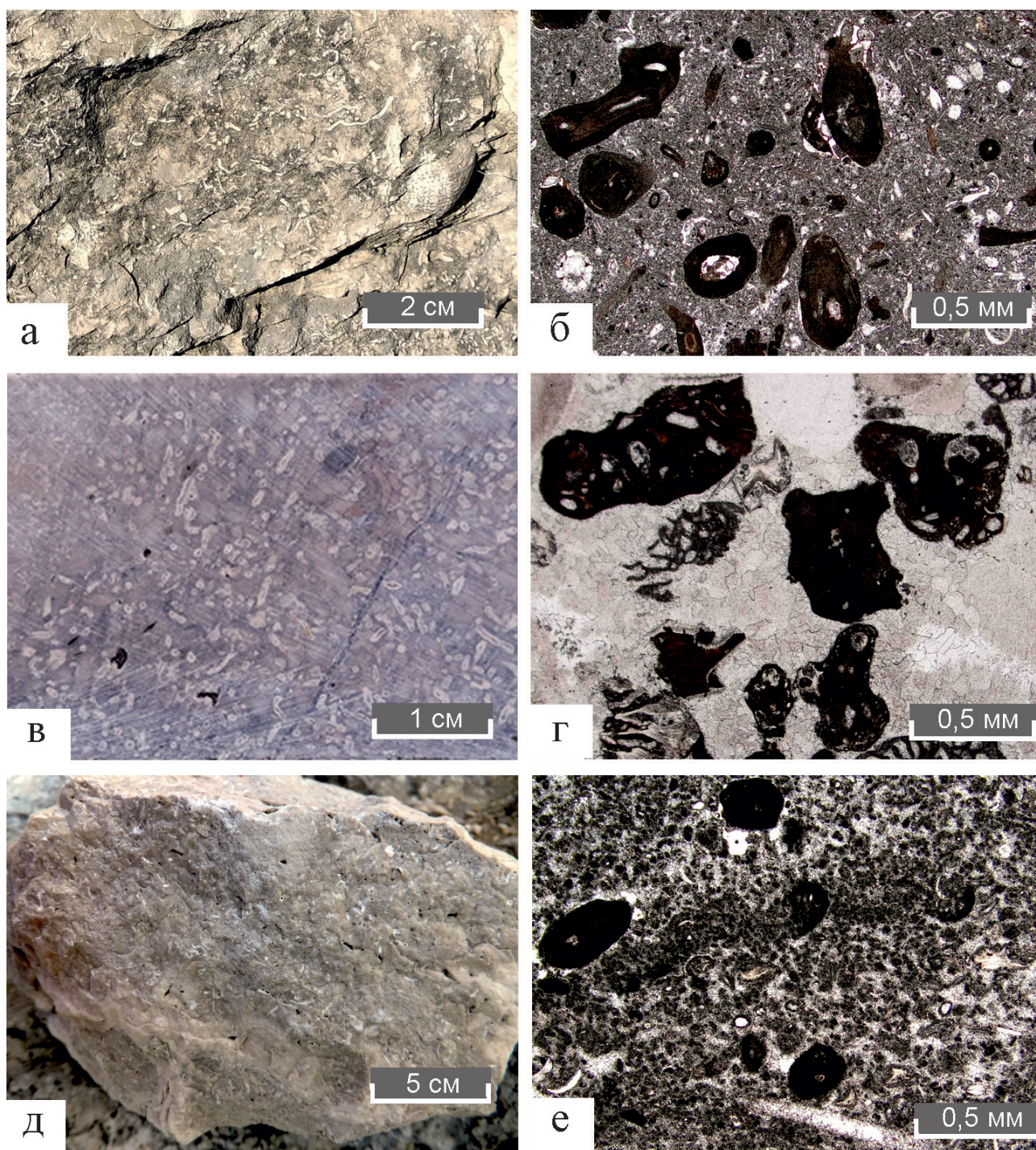


Рис. 3. Фотографии (а, в, д) и микрофотографии (б, г, е — шлифы, николи параллельны) тубифитесовых известняков

Условные обозначения: а, в, д — многочисленные белые фарфоровидные трубочки тубифитесов в тонкозернистом известняке, б, г, е — тубифитесы в виде черных микритовых включений в пеллоидном (б, е) и перекристаллизованном крустификационном матрице (г): а, б — Юрактау, нижний уступ карьера на юго-восточном подножии; в, г — Куштау: в — скв. 28, гл. 120 м, г — скв. 30, гл. 93.5 м; д, е — Торатау, южный склон.

Fig. 3. Photographs (a, v, d) and micrographs (б, г, е — thin sections, nichols are parallel) of tubiphytes limestones

Legend: а, в, д — numerous white porcelain — like tubiphytes tubes in fine-grained limestone, б, г, е — tubiphytes as black micritic inclusions in peloid (б, е) and recrystallized crucification matrix (г): а, б — Yuraktau, the lower ledge of the quarry at the southeastern foot; в, г — Kushtau: б — borehole 28, depth 120 m, г — borehole 30, depth 93.5 m; д, е — Toratau, southern slope.

фарфоровидные трубочки («червячки») — реликты организмов проблематичного генезиса (см. рис. 3 а, в, д), ранее относимых к сине-зеленым водорослям [Маслов, 1956]. Д. М. Раузер-Черноусова описала их как *Shamovella* в честь В. Д. Шамова [Шамов, 1957; Чувашов, Гареев, 2014] и в трудах предшественников они отмечаются как «шамовелловые известняки».

Б. И. Чувашов [Чувашов, Гареев, 2014] отнес их к микробиальным образованиям с подразделением на два вида — палочковидные *Tubiphytes obscurus shamovella* и неправильной формы *Tubiphytes obscurus amorpha*. Согласно более поздним определениям известны как *Tubiphytes Maslov* или *Nigriporella Rigby* и отмечаются в литературе как «известняки с тубифитесами» [Чувашов, Гареев, 2014]. В биокластовых разностях встречаются вместе с обломками мшанок, раковинами фораминифер, члениками криноидей. Наблюдаются два типа тубифитесов. Первый тип распространен в основании разреза шиханов, преимущественно в ассельском ярусе — в известняках в ассоциации с мшанками. Здесь распространены трубчатые и палочковидные формы тубифитесов (см. рис. 3 а, б, д, е). В известняках сакмарского яруса в составе карбонатных песчаных отложений — криноидно-фораминиферовых грейнстоунах наблюдается второй тип микритовых организмов тубифитесового типа (ранее относимых или к водорослям, или к губкам, или фораминиферам), остатки имеют неправильную форму, неровные края и многочисленные поры (см. рис. 3 в, г).

Коралловые известняки — представлены фреймстоунами с тонкозернистым матриксом и рудстоунами с зернистым матриксом (рис. 4 а — г). Колонии кораллов часто находятся в прижизненном положении и образуют пласты, прослеживаемые по простиранию (коралловая тропа на вершине шихана Юрактау), а также часто отмечаемые в керне скважин горы Куштау. Мощность колоний от 10 до 50 см (см. рис. 4 а). Вмещающие известняки представлены криноидно-фораминиферовыми грейнстоунами и пакстоунами. Фрагменты одиночных кораллов часто отмечаются в биокластово-фораминиферовых грейнстоунах (см. рис. 4 г). Прослой с крупными колониями кораллов характерны для сакмарского яруса, распространены в верхней части шиханов Куштау и Юрактау. В артинском ярусе распространены темно-серые криноидные известняки с многочисленными трубочками кораллов — кладонусов (см. рис. 4 д, е). Они слагают неболь-

шую возвышенность — Малый шихан, к западу от Торатау [Микрюков, 1937].

Палеоаплизиновые известняки — разделяются на баундстоуны с тонкослоистым микритовым матриксом (см. рис. 4 ж, з, и) и рудстоуны с зернистым биокластовым матриксом. В баундстоунах наблюдаются структуры обрастания (обволакивания) пластин палеоаплизин водорослевыми онколитоподобными массами и инкрустационным кальцитом, что свидетельствует о симбиотических взаимоотношениях. В обломочных известняках, сложенных крупными обломками пластин палеоаплизин (рудстоунах), между пластинами находятся раковины брахиопод, фораминифер, мшанок, кораллов, членики криноидей. Мощность прослоев палеоаплизиновых известняков составляет 1–4 м, иногда достигает 20 м. Палеоаплизиновый биогерм был описан И. В. Хворовой на горе Куштау, ею была оценена мощность и выделены две пачки по 30 м биогермных известняков, разделенных детритусовыми (биокластическими) прослоями. Строение палеоаплизинового биогерма, который представляет собой пластовый биостром, было уточнено по скв. 21, пробуренной в высшей точке южной вершины Куштау. Скважина вскрыла два слоя палеоаплизиновых баундстоунов, мощностью 21 м и 22 м, разделенных прослоем полибиокластовых грейнстоунов толщиной 1.5 м. Таким образом, пачки палеоаплизиновых биостромов образуют пласт мощностью около 45 м.

Зернистые (биокластические) литофации

Грейнстоуны (карбонатные песчаники)

Фузулинидовые известняки — представлены средне- и крупнозернистым грейнстоунами (рис. 5 а — г), более чем на 80% состоящим из скопления раковин фузулинид. Раковины цельные, сцементированные тонко- и мелкозернистым кальцитом, участками с инкрустациями (см. рис. 5 г). В небольшом количестве наблюдается биокластика — обломки мшанок, членики криноидей, раковины мелких брахиопод. Отложения формировались в активной гидродинамической обстановке, субпараллельная ориентировка раковин свидетельствует о действии течений. Фузулинидовые грейнстоуны образуют прослой мощностью от 20 см до 1.5 м среди биогермных и зернистых известняков, распространены на горе Куштау и Юрактау.

Криноидно-фузулинидовые грейнстоуны сложены члениками криноидей и раковинами фузули-

нид, сцементированными тонкозернистым кальцитом или микритом (см. рис. 5 д, е), с меньшим содержанием фузулинид — от 20 до 50%.

Полибиокластовые грейстоуны состоят из обломков разнообразной фауны — водорослей, брахиопод, мелких фораминифер, фузулинид, микритизированных зерен в тонкозернистом матриксе (рис. 6 а — м), часто перекристаллизованном, участками с инкрустациями (см. рис. 6 д, и, ж, л). Характерна плотная упаковка и бимодальная сортировка зерен — более крупные раковины фузулинид рассеяны в мелкозернистом биокластовом матриксе. В грейстоунах отмечаются обломки криноидей с микритовыми оторочками — кортоиды,

формировавшиеся в зоне осушения (см. рис. 6 л), часто встречаются остатки микритовых тубифито-подобных организмов (палеонубекулярий?), образующих белые фарфоровидные включения (см. рис. 6 д — з). Отложения формировались в условиях открытого мелководного шельфа с переменной гидродинамикой.

Пакстоуны и вакстоуны

Зернистые известняки с микритовым матриксом относятся к пакстоунам (содержат > 50% зерен) и вакстоунам (<50% зерен). По составу биокластики среди них выделяются криноидные, мшанковые,

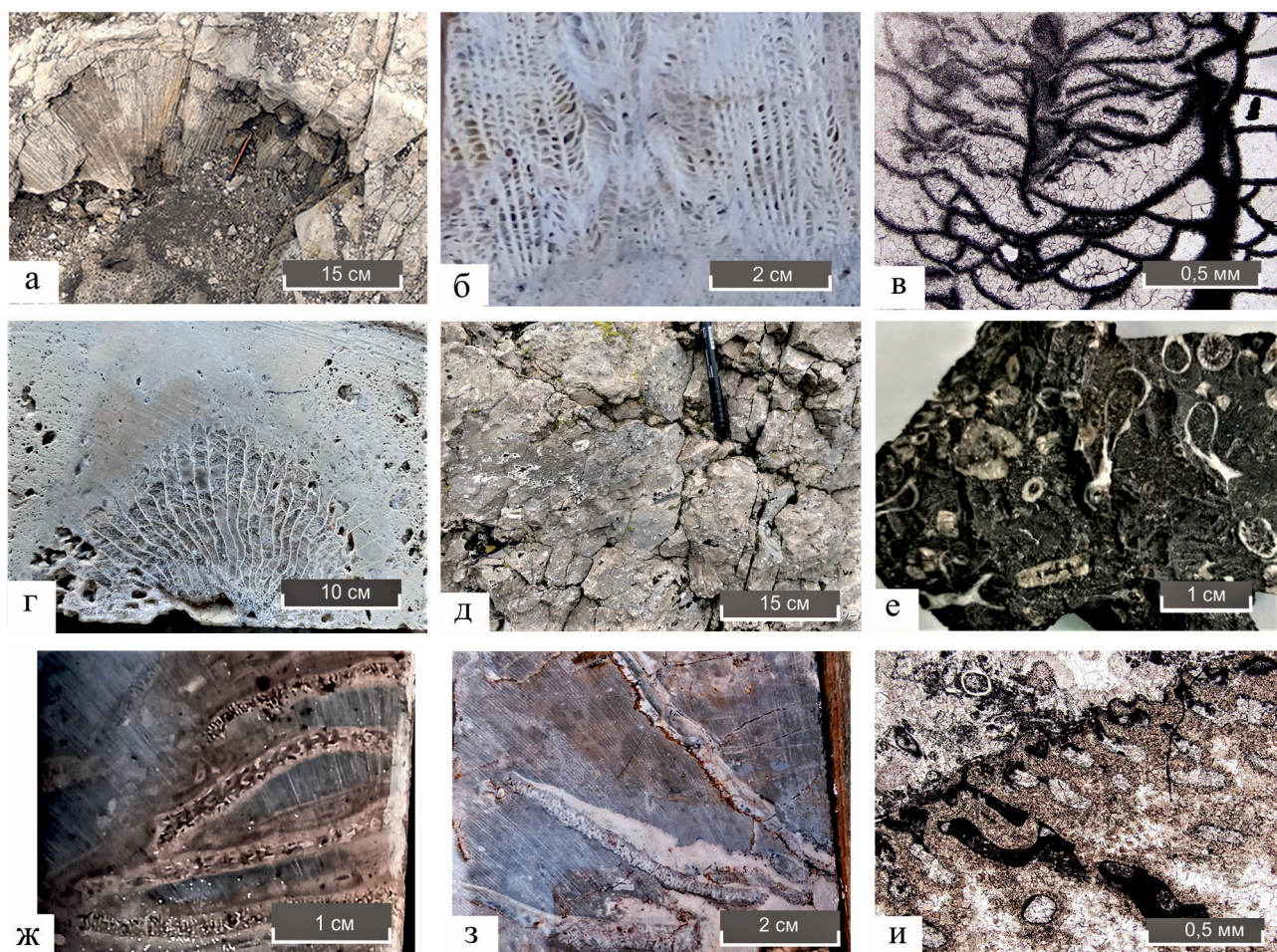


Рис. 4. Фотографии (а, б, г, д, е, ж, з) и микрофотографии (в, и — шлифы, николи параллельны) коралловых (а-е) и палеоаплизинных (ж-и) известняков

Условные обозначения: а — колония кораллов на вершине горы Юрактау; б, в, г — кораллы в керне скважин, гора Куштау: б, в — скв. 27, гл. 43.5 м; г — скв. 35, гл. 210 м; д, е — кладохонусовые известняки, артинский ярус, гора Малый Шихан; ж — и — пластины палеоаплизин в керне скважин, гора Куштау: ж — скв. 22, гл. 17 м; з, и — скв. 35, гл. 21.6 м.

Fig. 4. Photographs (а, б, г, д, е, ж, з) and micrographs (в, и — thin sections, nichols are parallel) of coral (а-е) and palaeoaplisina (ж-и) limestones

Legend: а — coral colony on the top of Mount Yuraktau; б, в, г — corals in the core of borehole, Mount Kushtau: б, в — borehole 27, depth 43.5 m; г — borehole 35, depth 210 m; д, е — cladochonus limestones, Artinskian stage, Mount Maly Shikhan; ж-и — palaeoaplisina plates in the core of wells, Mount Kushtau: ж — borehole 22, depth 17 m; з, и — borehole 35, depth 21.6 m.

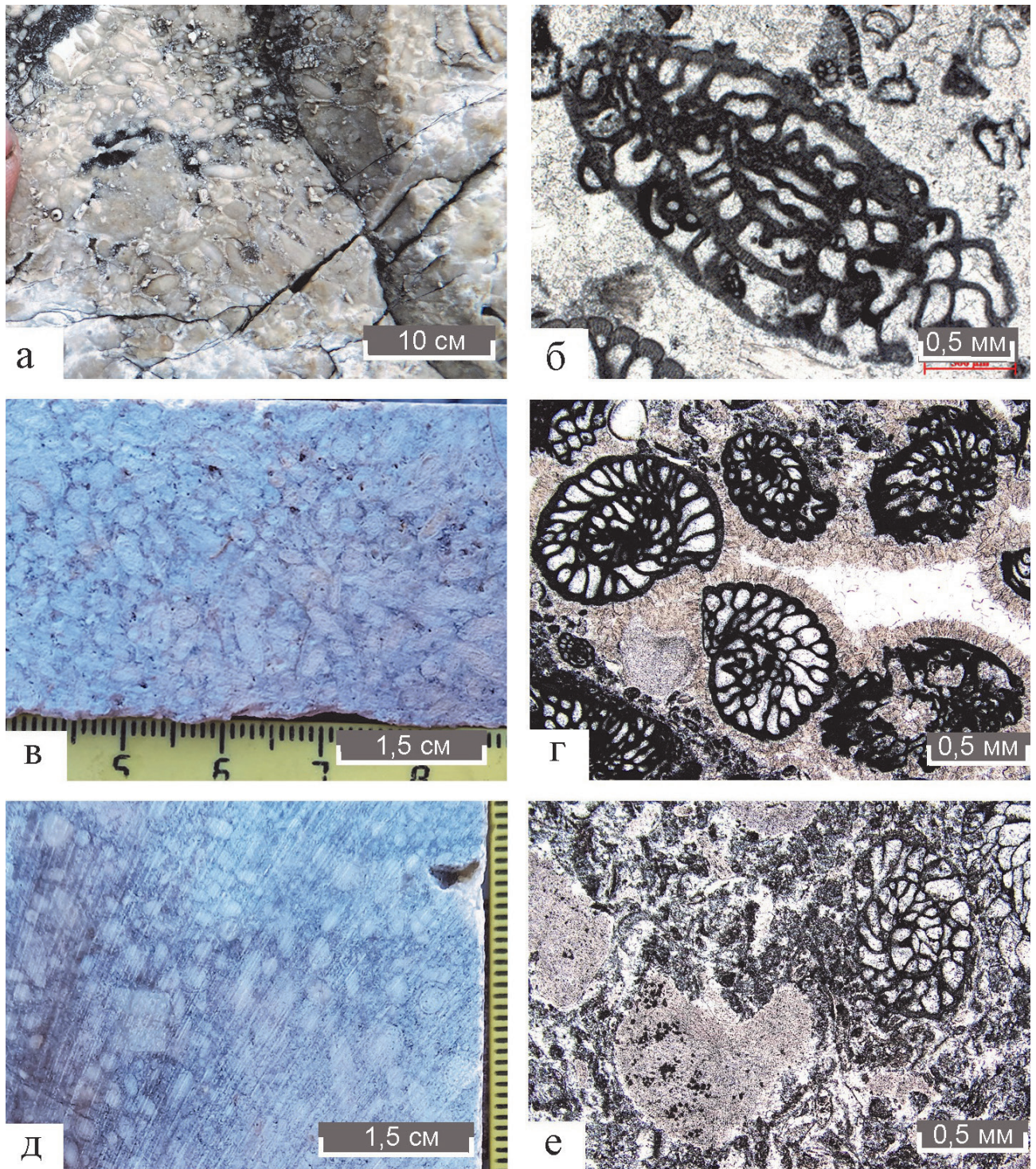


Рис. 5. Фотографии (а, в, д) и микрофотографии (б, г, е — шлифы, николи параллельны) фузулинидовых (а-г) и криноидно-фузулинидовых (д, е) грейстоунов

Условные обозначения: а, б — Юрактау, юго-западное подножие; в, г, д, е — Куштау, в — скв. 27, гл. 89 м, г — скв. 27, гл. 88,8 м; д, е — скв. 35, гл. 120 м.

Fig. 5. Photographs (a, v, d) and microphotographs (б, г, е — thin sections, nichols are parallel) of fusulinid (а-г) and crinoid-fusulinid (д, е) grainstones

Legend: а, б — Yuraktau, south-western foot; в, г, д, е — Kushtau, в — borehole 27, depth 89 m, г — borehole 27, depth 88.8 m; д, е — borehole 35, depth 120 m.

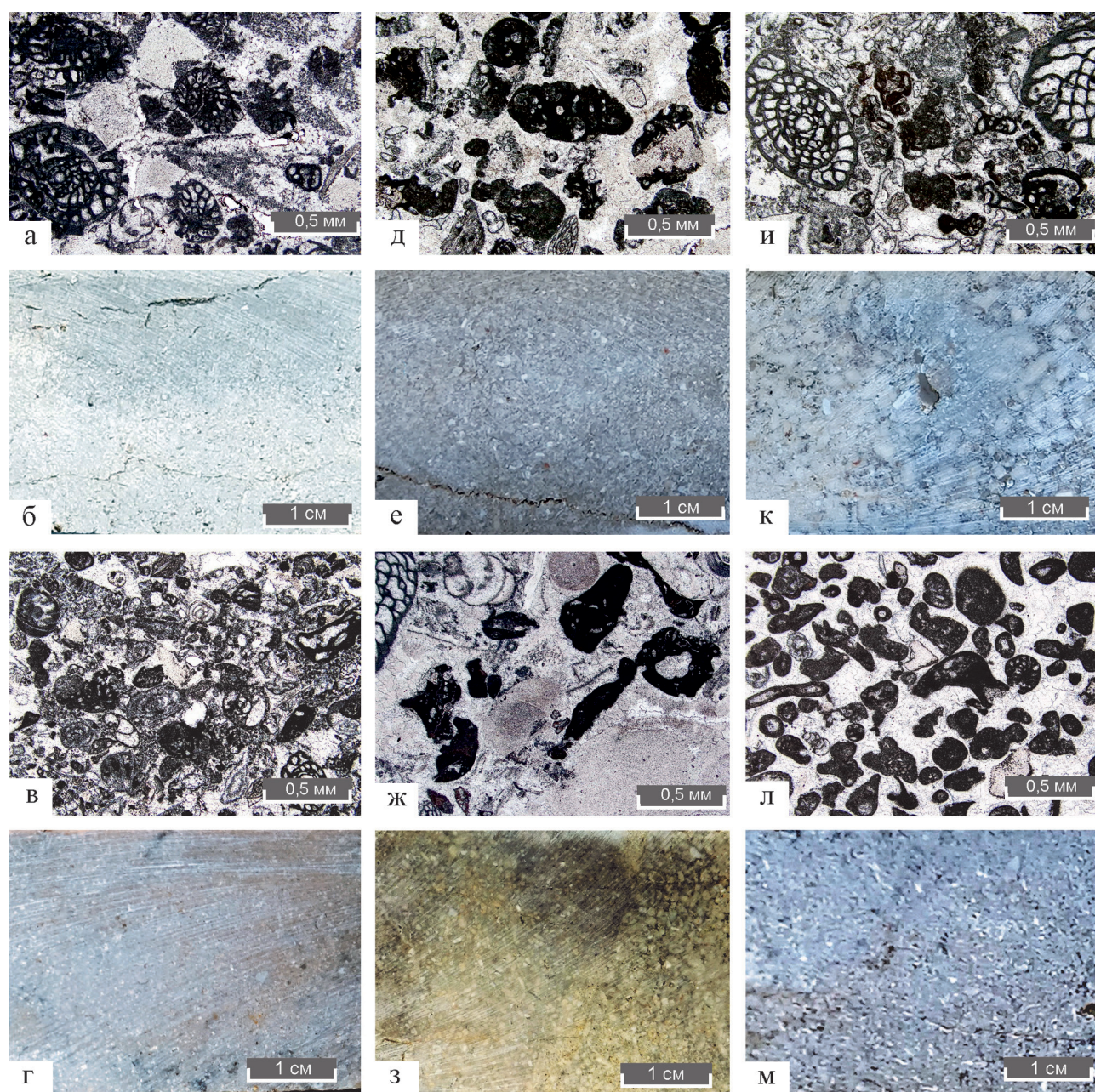


Рис. 6. Микрофотографии (а, в, д, ж, и, л — шлифы, николи параллельны) и фотографии (б, г, е, з, к, м) зернистых полибиокластовых грейнстоунов из ядра скважин на горе Куштау

Условные обозначения: а, б — криноидно-фузулинидовый грейнстоун среднезернистый, скв. 25, гл. 26.6 м; в, г — фораминиферо-биокластовый грейнстоун мелкозернистый, скв. 27, гл. 153.6 м; д, е — полибиокластовый грейнстоун с инкрустационным кальцитовым цементом, темные включения — остатки тубифитесов и палеонубекулярий, скв. 25, гл. 29.6 м; ж, з — криноидно-полибиокластовый грейнстоун с остатками тубифитов (темные микритовые частицы), скв. 30, гл. 93.5 м; и, к — фузулинидово-биокластовый грейнстоун разнозернистый, скв. 25, гл. 30.4 м; л, м — полибиокластовый грейнстоун тонкозернистый с микритизированными зернами и кортоидами в кристификационном цементе, скв. 25, гл. 76 м.

Fig. 6. Micrographs (а, в, д, ж, и, л — thin sections, nichols are parallel) and photographs (б, г, е, з, к, м) of granular polybioclastic grainstones from the core of boreholes on Mount Kushtau

Legend: а, б — crinoid-fusulinid grainstone medium-grained, borehole 25, depth 26.6 m; в, г — fine-grained foraminiferous-bioclasic grainstone, borehole 27, depth 153.6 m; д, е — polybioclastic grainstone with encrusted calcite cement, dark inclusions — remnants of tubiphytes and paleonubecularies, borehole 25, depth 29.6 m; ж, з — crinoid-polybioclastic grainstone with remnants of tubiphytes (dark micrite particles), borehole 30, depth 93.5 m; и, к — fusulinide- bioclasic grainstone of different grain, borehole 25, depth 30.4 m; л, м — fine-grained polybioclastic grainstone with micritized grains and cortoids in crustification cement, borehole 25, depth 76 m.

мшанково-криноидные, мшанково-тубифитесовые и полибиокластовые разности (рис. 7, 8).

Криноидные известняки, представлены пакстоунами и вакстоунами с рассеянными белыми члениками криноидей разного размера в темно-сером микритовом матриксе (см. рис. 7 а — е). Криноидно-полибиокластовые пакстоуны кроме криноидей содержат мелкие обломки разной фауны (см. рис. 7 а — г). Криноидные вакстоуны часто слагают центральные зоны нептунических даек (см. рис. 7 д, е), представляющие собой секущие трещины, заполненные темным микрозернистым известняком, который И. К. Королюк относил к фации черных известняков [Королюк, 1985].

Мшанковые пакстоуны сложены обломками веточек мшанок, сцементированными мелкокристаллическим и инкрустационным кальцитом (см. рис. 8 а, б). Они относятся к биогермным фациям, поскольку мшанковый детрит в них не несет признаков окатанности и, вероятно, образовался не за счет механического разрушения, переноса и сортировки, а за счет биоэрозии, т. е. разрушения мшанковых каркасов другими организмами, что характерно для рифовых сообществ [Журавлев, 2004].

Мшанково-криноидные и мшанково-тубифитесовые мелкозернистые пакстоуны и вакстоуны (см. рис. 8 г — з) сложены обломками веточек мшанок, между которыми встречаются «червячки» тубифитесов (см. рис. 8 ж, з) и другая биокластическая структура, сцементированы микритом или вторичным тонкокристаллическим спаритом, описаны в ассельском ярусе в карьере Шахтау [Королюк, 1985], а также распространены в основании разреза в подножии гор Юрактау и Куштау. Отложения формировались в относительно тиховодных зонах мелководного шельфа.

Фораминиферово-биокластовые пакстоуны мелко-тонкозернистые с мелкими фораминиферами и рассеянными криноидеями распространены в сакмарском ярусе на г. Куштау (см. рис. 8 в). Отложения относятся к фациям подвижного мелководья.

В тиховодных участках шельфа с иловой седиментацией формируются характерные известняки — мадстоуны [Flügel, 2010]. К ним относятся микрозернистые известняки, сложенные тонколистным микритовым и прослоями микрпелоидным известняком (см. рис. 8 и). Этот тип осадков наблюдается в виде матрикса в биогермных мшанковых и палеоплизиновых известняках — баундстоунах (см. рис. 2 в, рис. 4 ж), а также в виде заполне-

ния ватерпасов в раковинах брахиопод, и в виде прослоев среди тонкозернистых биокластовых вакстоунов.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Детальное изучение литофаций нижнепермских известняков было проведено И. К. Королюк по наблюдениям в разрабатываемом карьере Шахтау, образованном на месте горы Шахтау, также расположенном на Шиханском поднятии между шиханами Тратау и Куштау [Королюк, 1985]. И. К. Королюк были выделены разные литотипы известняков. К биогермным фациям отнесены шамовелловы (тубифитесовые), мшанковые, коралловые, палеооплизиновые, строматолитовые, мшанково-тубифитесовые известняки. К биоморфным известнякам отнесены фузулинидовые мелкофораминиферовые, антракопорелловые (водорослевые) разности. Мелкозернистые известняки отнесены к детритовым и шламовым поликомпонентным известнякам, выделены также сгустково-комковатые и тонкозернистые (афанитовые) известняки, мшанковые неотсортированные, фузулинидово-криноидные и криноидные известняки, а также брахиоподовые, гастроподовые, пелециподовые ракушники. Отмечается, что ассельский ярус в карьере Шахтау (110–120 м) представлен биогермными тубифитесовыми и мшанковыми известняками, а также детритовыми (биокластовыми) мшанково-криноидными фораминиферовыми, брахиоподовыми. Сакмарский ярус представлен детритовыми мшанково-криноидными, криноидно-фузулинидовыми известняками, и биогермными мшанковыми, коралловыми и палеооплизиновыми известняками. Известняки с многочисленными раковинами брахиопод отнесены к банкам, криноидно-поликомпонентные известняки с фузулинидами и мелкими фораминиферами: толипамминами, палеонубекуляриями [Хворова, 1951], водорослями отнесены к фациям отмели. Особо выделяются черные известняки с криноидеями, заполняющие крутые трещины и расселины (нептунические дайки) в биогермных и детритовых известняках [Королюк, 1985].

Особенности распределения литофаций

С учетом данных И. В. Королюк по карьере Шахтау нами проведена типизация известняков менее изученных карбонатных массивов Торатау, Юрактау и Куштау. Выделены две крупные группы (литофации) известняков: биогермные (каркасные

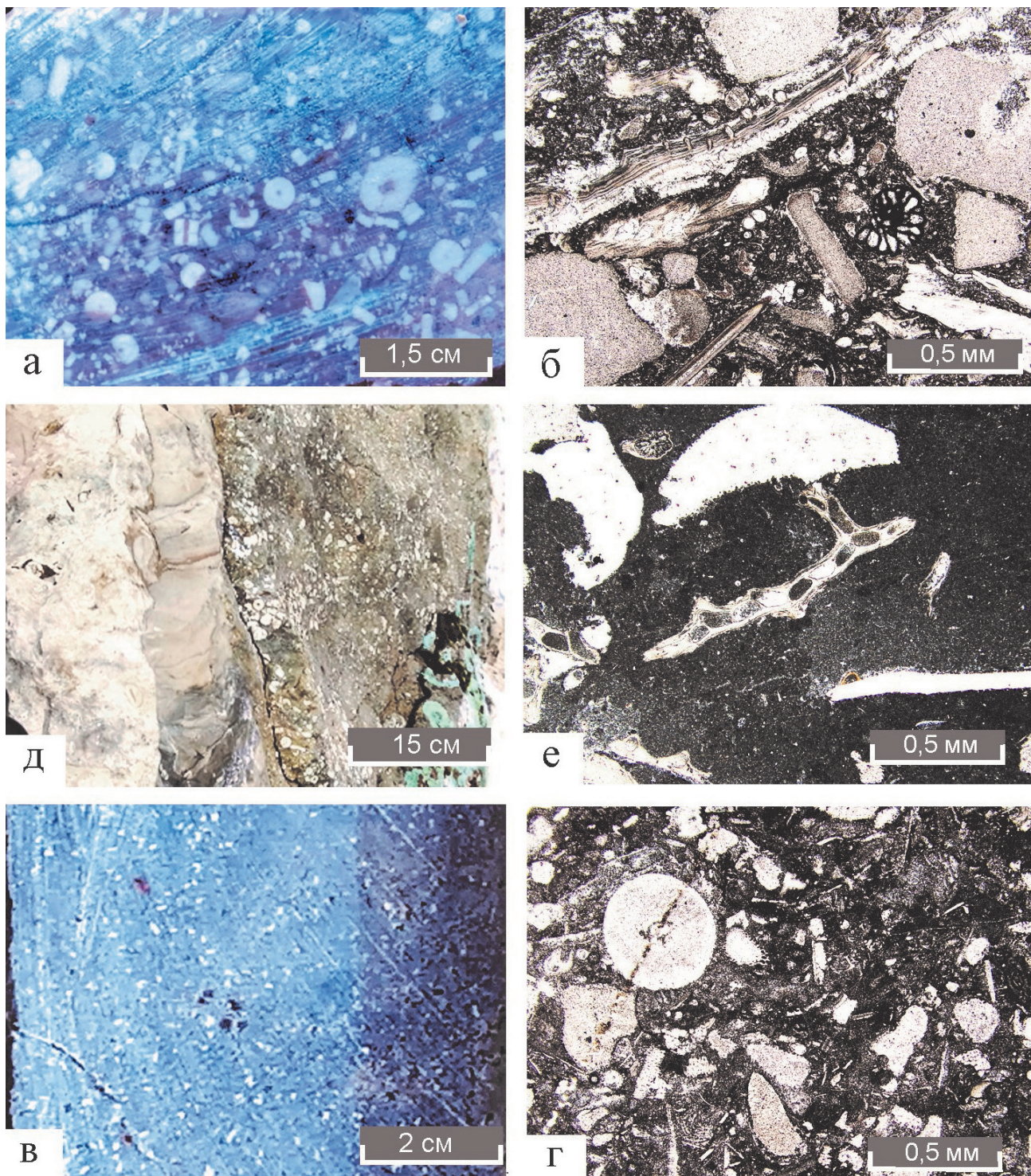


Рис. 7. Фотографии (а, в, д) и микрофотографии криноидных известняков (б, г, е — шлифы, николи параллельны): а, б, в, г — Куштау

Условные обозначения: а, б, в, г — криноидные пакстоуны, а, б — скв. 27, гл. 128.3 м; в, г — скв. 25, гл. 54.2 м; д, е — заполнение нептунической дайки криноидным вакстоуном, г. Торатау южный склон.

Fig. 7. Photographs (а, в, д) and microphotographs of crinoid limestones (б, г, е — thin sections, nichols are parallel)

Legend: а, б, в, г — Kushtau: а, б, в, г — crinoid packstone, а, б — borehole 27, depth 128.3 m; в, г — borehole 25, depth 54.2 m; д, е — filling of the Neptunian dyke with crinoid wackstone, Toratau southern slope.

и крупнобиокластовые) и зернистые мелкобиокластовые известняки (соответствуют детритовым и шламовым известнякам по классификации И. К. Корольюк). По составу фауны, соотношению биокластики и типу вмещающего матрикса или цемента они подразделяются на отдельные био-литофации.

Наиболее распространенными породами являются зернистые биокластовые известняки — пакстоуны и грейнстоуны активного шельфового

мелководья. Они наблюдаются на всех шиханах. Биокластические известняки подразделяются на фузулинидовые, криноидно-фузулинидовые, фузулинидово-полибиокластовые грейнстоуны и криноидно-полибиокластовые пакстоуны и вакстоуны (см. рис. 5–8). Характерными особенностями их является слоистость, сортировка, ритмичное чередование слоев разной размерности, что свидетельствует о цикличности формирования отложений (рис 9 а, б, в). Характерны как постепенные, так и резкие

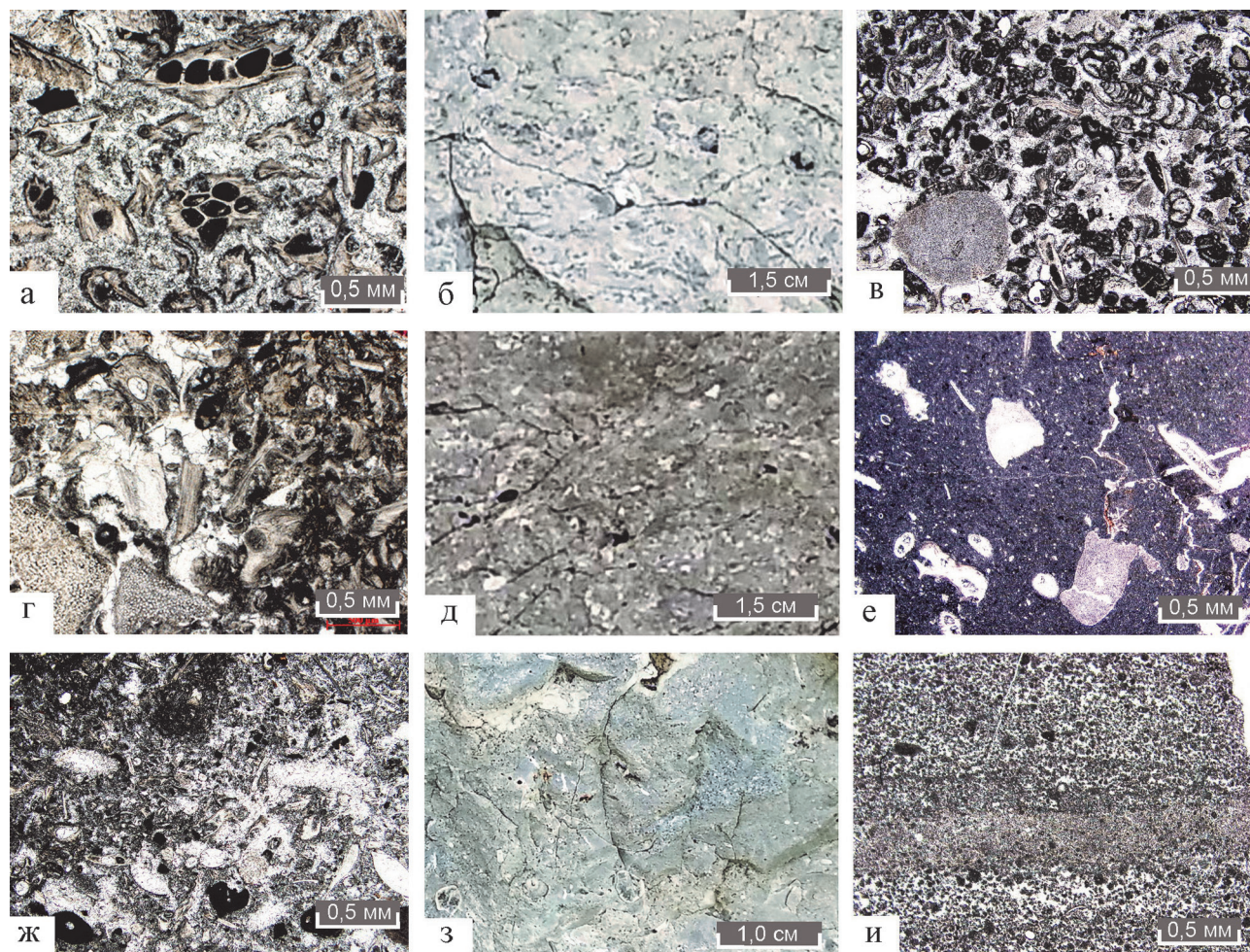


Рис. 8 Микрофотографии (а, в, г, е, ж, и — шлифы, николи параллельны) и фотографии (б, д, з) полибиокластовых тонкозернистых известняков — пакстоунов и вакстоунов

Условные обозначения: а, б — пакстоун состоящий из обломков мшанок, Юрактау южное подножие; в — пакстоун полибиокластовый с редкими члениками криноидей (слева внизу), Куштау, скв. 25, гл. 39.4 м; г, д — пакстоун мшанково-криноидный, Юрактау, карьер на юго-восточном подножии; е — вакстоун с мшанками и криноидеями, скв. 22, гл. 53.2 м; ж, з — вакстоун тонкобиокластовый с тубифитесами (темные включения), Тратау южный склон; и — мадстоун микропеллоидный тонкослоистый, слагает иловый матрикс в биогермных известняках, Куштау, скв. 22, гл. 239 м.

Fig. 8 Microphotographs (а, в, г, е, ж, и — thin sections, nichols are parallel) and photographs (б, д, з) of polybioclastic fine-grained limestones of packstones and wackstones

Legend: а, б — packstone consisting of fragments of bryozoans, Yuraktau southern foot; в — polybioclastic packstone with rare segments of crinoids (bottom left), Kushtau, borehole 25, depth 39.4 m; г, д — packstone bryozoan-crinoid, Yuraktau, quarry at the southeastern foot; е — wackstone with bryozoans and crinoids, borehole 22, depth 53.2 m; ж, з — wackstone thin-bioclastic with tubiphytes (dark inclusions), Tratau southern slope; и — mudstone with thin-layered micropeloidal interlayers, composes a silt matrix in biohermic limestones, Kushtau, borehole 22, depth 239 m.

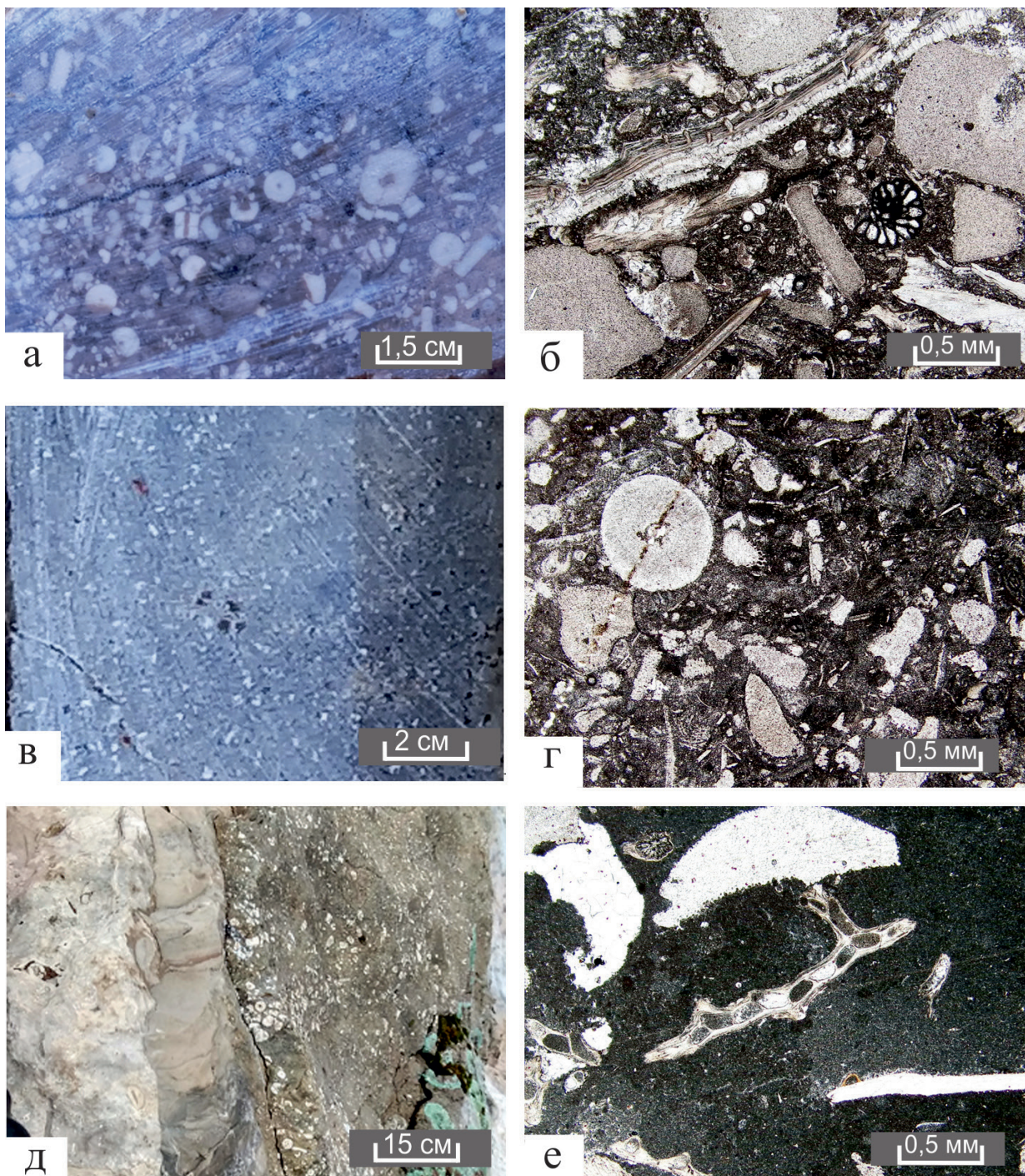


Рис. 9. Характер слоистости в зернистых известняках

Условные обозначения: а — чередование прослоев криноидных и тонкозернистых биокластовых известняков; б, в — характер контакта прослоев крупнораковинных брахиоподовых известняков и тонкозернистых тонкобиокластовых известняков; г — слоистость в крупнобиокластовых известняках (ракушняках), подчеркнутая трещиноватостью; д, е — слоистость: д — в фузулинидовых известняках, е — в криноидных известняках; а, б — Юрактау, карьер на юго-западном подножии; в, г — Тратау, южный склон; д, е — Куштау: д — скв. 35, гл. 206 м, е — скв. 25, гл. 128 м.

Fig. 9. The nature of layering in granular limestones

Legend: a — alternation of interlayers of crinoid and fine — grained bioclastic limestones; б, в — the nature of contact between interlayers of coarse-grained brachiopod limestones and fine-grained fine bioclastic limestones: г — layering in coarse-bioclastic limestones (shell limestone) emphasized by fracturing; д, е — layering: д — in fusulinid limestone, е — in crinoid limestones; а, б — Yuraktau, a quarry at the southwestern foot; в, г — Toratau, the southern slope; д, е — Kushtau: д — borehole 35, depth 206 m, е — borehole 25, depth 128 m.

контакты между слоями, указывающими на импульсную подачу обломочного материала. Брахиоподовые ракушняки образуют прослой толщиной 20–30 см среди мелко- и тонкозернистых разностей (см. рис. 9 г). Формирование этих прослоев обусловлено штормовым воздействием. Фузулинидовые и криноидно-фузулинидовые грейнстоуны, вскрытые скважинами на г. Куштау, несут следы воздействия подводных течений, в результате которых раковины ориентированы субпараллельно слоистости. В керне скважин горы Куштау отмечается наклонное залегание прослоев (см. рис. 9 д, е), отражающее тектонически измененное положение слоев.

Биогермные мшанковые и тубифитесовые известняки распространены в ассельской части разреза шиханов, что отмечено И. К. Королук. [Королук, 1985]. Часто встречаются мшанковые биокластовые известняки — пакстоуны, сложенные неокатанными обломками мшанок (см. рис. 8 а) Отложения также представляют биогермную фацию, обломки мшанок могли накопиться в результате биоэрозии их каркасов организмами-разрушителями. Палеоаплизиновые и коралловые известняки распространены в сакмарском ярусе. Особенностью биогермных фаций является наличие симбиотических взаимоотношений организмов, образующих биоценозы [Журавлев, 2004]. Это выражается в обрастании мшанками стеблей криноидей (рис 10 а), а также в онколитоподобном обрастании фрагментов мшанок и палеоаплизин водорослевым агрегатом (см. рис 10 б, в). В мшанковых и палеоаплизиновых баундстоунах характерным является наличие илового микропеллоидного матрикса (см. рис. 2 в; рис. 4 ж, з; рис. 8 и рис. 10 д), заполняющего также полые раковины брахиопод — ватерпасы (см. рис. 10 г), или образующего прослой среди тонкозернистых биокластовых вакстоунов (см. рис. 8 и). Эти данные свидетельствуют о формировании биогермов в тиховодной зоне шельфа. Присутствие микритового илового матрикса в каркасных мшанковых и палеоаплизиновых баундстоунах (см. рис. 2 в; рис. 4 ж, з; рис. 8 и рис. 10 г, д) указывает на тиховодную обстановку их обитания. Для биогермных коралловых известняков характерно наличие обломочного биокластового матрикса, представленного среднезернистым криноидно-фузулинидовым песком (грейнстоуном) или полибиокластовым пакстоуном, что указывает на рост коралловых колоний в условиях активного гидродинамического режима, т. е. в зоне действия волн и штормов. Это подтверждается наличием перевернутых колоний.

Одиночные кораллы также приурочены к слоям, сложенным пакстоунами и грейнстоунами.

Еще одной особенностью данных известняков является наличие кальцитовых инкрустаций (см. рис 10 ж). Инкрустационный цемент развит не повсеместно и встречается как в биогермных (см. рис. 2), так и в биокластовых разностях известняков (см. рис. 6 д, ж, л). Вероятно, формирование инкрустационных корок и каемок происходило на стадии диагенеза — после погружения толщи известняков и перекрытия их более молодыми осадками. Остаточные растворы в пористых раковинах могли служить причиной образования инкрустаций. Предполагается также роль бактериальных пленок в их образовании [Antoshkina, Ponomarenko, 2014].

Вторичная перекристаллизация и выщелачивание известняков, а также широко проявленные карстовые процессы (см. рис. 10 д), повлияли на облик пород, затушевывая первичные седиментационные признаки. На шиханах Торатау и Юрактау в кавернозных известняках можно наблюдать примазки деградированных битумов [Чувашов, Гареев, 2014], являющиеся остатками ранее существовавших нефтяных залежей. Это свидетельствует о прохождении нефтьсодержащих гидротермальных и метасоматических растворов, вызвавших выщелачивание, перекристаллизацию и минерализацию пород. Полости и трещины в перекристаллизованных известняках инкрустированы крупнокристаллическим друзовым кальцитом, что свидетельствует о гидротермальной проработке [Горожанина, Горожанин, 2019]. Шестоватые агрегаты крупнокристаллического буровато-серого кальцита наблюдаются в секущих жилах [Горожанина, Горожанин, 2022].

Сохранность микритового матрикса в некоторых разностях биогермных мшанковых и палеоаплизиновых известняков (см. рис. 2 в; рис. 3 б; рис. 4 ж, з), а также в фузулинидовых пакстоунах (рис. 10 е) может указывать на существование первичного илового субстрата. В результате воздействия постседиментационных доломитизирующих растворов фузулинидовые известняки практически нацело замещались мелко-тонкокристаллическим доломитом (см. рис. 10 и), образуя прослой тонкопористых доломитов. В Ишимбайском массиве с этими породами связана нефтеносность: пористые участки распределены неравномерно, в доломитизированных известняках, так называемых «губчатых» доломитах, сосредоточены основные ресурсы [Ованесов, 1962].

Изучение керн скважин, пробуренных на горе Куштау [Горожанин, Горожанина, 2021] и вскрывший практически полный разрез ассельско-сакмарских пород, позволило выяснить литофациальные особенности известняков, характер их вторичных

изменений, последовательность смены карбонатных литофаций снизу вверх по разрезу, и провести сопоставление с литофациями известняков, слагающими остальные шиханы. В основании разреза шиханов распространены мшанковые и тубифи-

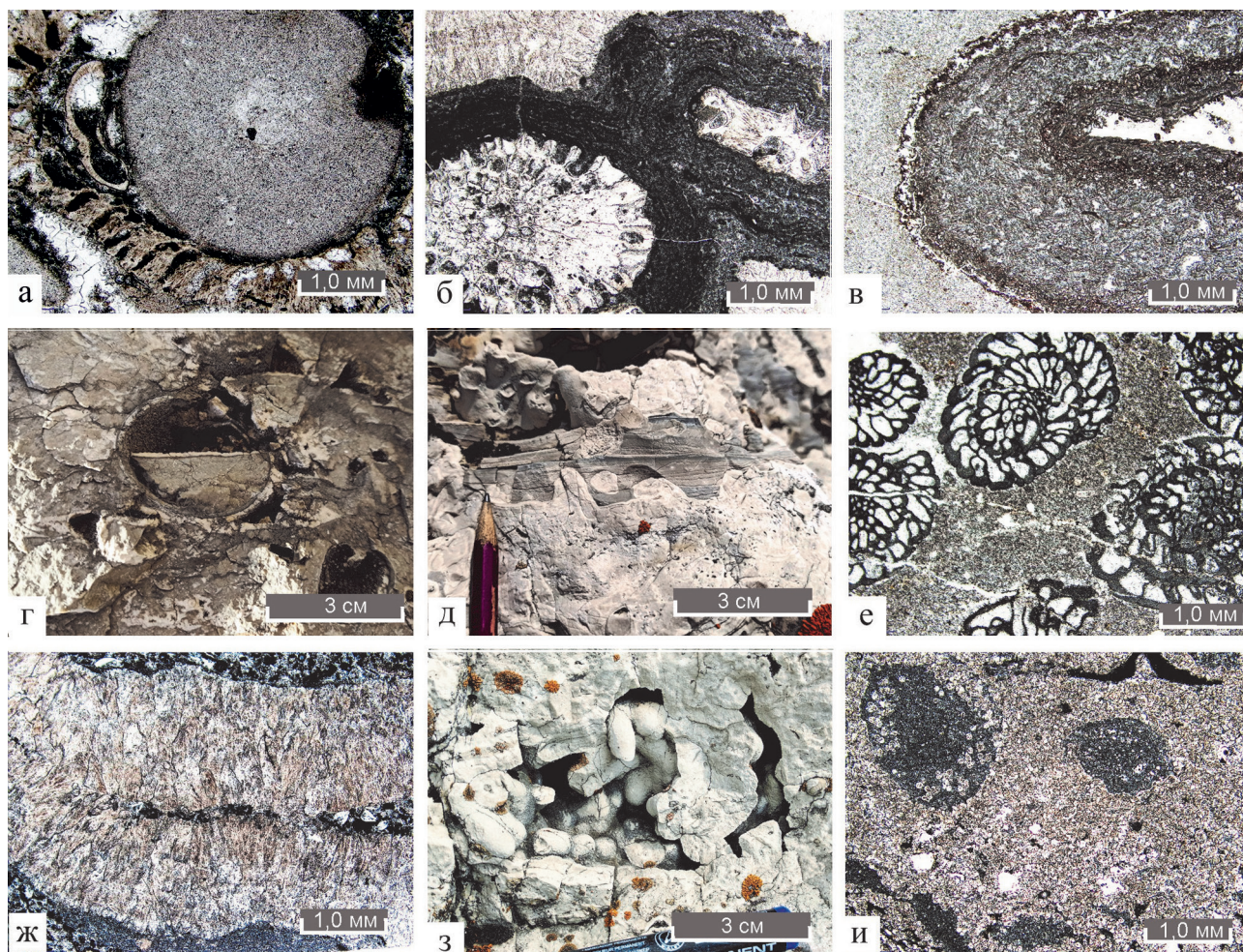


Рис. 10. Особенности рифовых известняков

Условные обозначения: а, б, в — симбиотическое взаимоотношение организмов: а — обрастание мшанкой стебля крупной криноидеи; б — онколитоподобное обрастание водорослевым агрегатом фрагментов мшанок (б) и палеоаплезин (в); г — д — ватерпасы: заполнение полостей темным тонкослоистым илом: г — внутри раковины брахиоподы, д — между веточками мшанок; е — фузулиновый вакстоун-пакстоун с крупными раковинами фузулинид в иловом матриксе, возможно, в прижизненном положении; ж, з, и — вторичные процессы в рифовых известняках: ж — диагенетические инкрустации — развитие кристификационного кальцита в иловом матриксе; з — натечные формы кальцита в карстовых полостях; и — доломитизация фузулинидового пакстоуна — начальная стадия формирования тонкозернистых пористых («ситчатых») доломитов по фузулинидовым известнякам; а, в, е, ж, и — Куштау, а — скв. 25, гл. 43.2 м; в — скв. 35, гл. 15.9 м, е — скв. 35, гл. 165.1 м; ж — скв. 35, гл. 41 м; и — скв. 25, гл. 118.3 м; б, д, з — Тратау, южный склон; г — Юрактау, карьер на юго-западном подножии; а, б, в, е, ж, и — шлифы николи параллельны.

Fig. 10. Features of reef limestones

Legend: а, б, в — symbiotic relationship of organisms: а — overgrowth of the stem of a large crinoid with bryozoans; б — oncolith-like overgrowth of fragments of bryozoans (б) and palaeoaplesyna (в) with algae aggregate; г — д — water-passes: filling of cavities with dark thin-layered silt: г — inside the shell of a brachiopod, д — between the branches of bryozoans; е — fusulinid wackstone-packstone with large fusulinid shells in a silt matrix, possibly in a lifetime position; ж, з, и — secondary processes in reef limestones: ж — diagenetic encrustations — the development of crustified calcite in the silt matrix; з — calcite flow forms in karst cavities; и — dolomitization of fusulinid packstone — the initial stage of the formation of fine-grained porous («strained») dolomites on fusulinid limestones; а, в, е, ж, и — Kushtau, а — borehole. 25, depth 43.2 m; в — borehole. 35, depth 15.9 m, е — borehole 35, depth 165.1 m; ж — borehole 35, depth 41 m; и — borehole 25, depth 118.3 m; б, д, з — Toratau, southern slope; г — Yuraktau, quarry at the south-western foot; а, б, в, е, ж, и — thin sections, nickols are parallel.

тесовые биогермные литофации, приуроченные преимущественно к ассельской части разреза шиханов. Этими известняками практически целиком сложен шихан Торатау, для которого отмечается почти полное отсутствие сакмарских отложений [Королюк, 1985]. В остальных шиханах в ассельском ярусе, наряду с биогермными известняками, распространены и биокластовые фации. Отложения сакмарского яруса представлены, в основном, фузулинидовыми, криноидно-фузулинидовыми и полибиокластовыми пакстоунами и грейнстоунами. Среди них выделяются пласты с многочисленными колониями кораллов (например, Юрактау). К верхней части сакмарского яруса приурочены палеоаплизиновые биогермные фации, образующие биостромы с иловым матриксом, вскрытые в верхней части разреза скважин и наблюдаемые вблизи вершины шихана Куштау. Данная последовательность в смене литофаций снизу вверх по разрезу совпадает с последовательностью, описанной ранее И. К. Королюк для шихана Шахтау.

Распространение мелко- и тонкозернистых карбонатных песков (биокластовых пакстоунов и грейнстоунов) указывает на существование в ассельско-сакмарское время карбонатного шельфа с активной гидродинамикой. Присутствие криноидных обломков с микритизированными каемками (кортоидов) в грейнстоунах указывает на то, что отложения формировались в зоне активного мелководья — в зоне шельфа с воздействием волн и течений. Цикличное чередование тонко-мелкозернистых полибиокластовых пакстоунов и крупнозернистых фузулинидовых и криноидно-фузулинидовых песков, образующих линзы, а также присутствие прослоев ракушняков, указывает на штормовое влияние в обстановке относительно мелководной зоны шельфа. В ассельском веке при установлении тиховодного режима, в условиях затишья, формировались мшанковые «заросли» и тубифитесовые поселения (луга по И. К. Королюк). В сакмарское время в обстановке более активной гидродинамики росли коралловые колонии, а в тиховодных условиях формировались палеоаплизиновые корковые биостромы.

Остатки криноидей и других иглокожих относятся к обитателям открытого шельфа, они широко распространены в смешанных биокластовых фациях — мшанково-криноидных, криноидно-тубифитесовых, криноидно-фузулинидовых пакстоунах и пакстоунах. Часто встречаются остатки разнообразных водорослей: сифоновых и филлоидных, в том числе и водоросли кальципатера [Горожанин,

Горожанина, 2018, 2021; Иванова, Кулагина 2023] в виде фрагментов в биокластовых пакстоунах и грейнстоунах. Типичными организмами являются брахиоподы, гастроподы, аммоноидеи и наутилоидеи, встречаются трилобиты. Строматолитовые образования описаны И. К. Королюк в карьере Шахтау [Королюк, 1985].

Особую экологическую нишу занимают темные криноидные известняки, описанные И. К. Королюк в линзах и трещинах в карьере Шахтау, Б. И. Чувашовым в нептунических дайках на шихане Тратау [Чувашов, Гареев, 2014].

Условия существования рифов и тектоника

Формирование ассельско-сакмарской рифовой системы происходило в условиях мелководного шельфа с переменной гидродинамикой. Рифы рассматриваются как экосистемы взаимосвязанно существующих организмов [Антошкина, 2003; Журавлев, 2004], формировавшихся в благоприятных условиях мелководного открытого шельфа. Раннепермская шельфовая зона протянулась вдоль западной части Предуральяского прогиба от Прикаспия до Баренцева моря [Чувашов и др., 1996; Чувашов, 1998; Пучков, 2000; Жемчугова, 1998; Антошкина, 2003; Горожанина и др., 2007; Филимонова и др., 2015; Пучков, 2019]. Выход рифовых известняков на поверхность в виде тектонических блоков, образующих отдельные горы-одиночки вдоль единой меридиональной линии разломов, ограничивающих Шиханский блок [Богданов, 1947] обусловлен неотектонической активизацией территории [Пучков, 2019]. Ранее эти рифовые массивы рассматривались как первичные органогенные геоморфологические поднятия морского дна, образовавшиеся в результате жизнедеятельности организмов [Наливкин, 1937; 1956]. Н. П. Герасимов, В. П. Маслов, Ноинский и другие считали шиханы останцами единой рифогенной толщи [Королюк, 1985]. Особенности строения этих шиханов и распределения в них однотипных литофаций известняков свидетельствуют о существовании единой протяженной шельфовой зоны с рифовыми сообществами организмов (биоценозами) и характеризующейся сменой мшанково-тубифитесового рифового комплекса, существовавшего в ассельском веке, коралловыми и палеоаплизиновыми биогермами в сакмарском веке.

Темно-серые криноидные пакстоуны и пакстоуны заполняют нептунические дайки (см. рис. 7

д, е), которые формировались при растрескивании и погружении рифовой зоны шельфа в результате влияния тектонических коллизионных событий на Урале в конце палеозоя [Горожанин, Горожанина, 2022]. Погружение и затопление зоны мелководного шельфа в артинский век также фиксируется образованием темно-серых криноидно-кладохонусовых вакстоунов с белыми включениями члеников криноидей и кораллов-кладохонусов (см. рис. 4 д, е), выход которых наблюдается на горе Малый шихан [Микрюков, 1937; Чувашов, Гареев., 2014]. Обстановка формирования этих отложений — тиховодная зона шельфа глубиной свыше 50 м.

Последующие тектонические события привели к нарушению и разрушению единой шельфовой зоны, на что указывает дислоцированность толщи рифовых известняков, трещиноватость, наклонное залегание пластов, что отмечено и в работе И. К. Королюк [Королюк, 1985]. Полная последовательность литофаций сохранилась не на всех шиханах — на шихане Торатау имеется только нижняя, ассельская часть разреза с тубифитово-мшанковым сообществом. На шихане Юрактау отсутствует верхняя, сакмарская часть разреза с палеоаплизинным биостромом. Наиболее полный разрез нижнепермской рифовой толщи вскрыт карьером Шахтау и скважинами на шихане Куштау.

Выводы

Согласно результатам палеонтологических определений и литологического описания пород предполагается идентичность стратиграфического расчленения и строения всех четырех шиханов. Литологические и фациальные особенности карбонатных пород башкирских шиханов Торатау, Куштау, Юрактау, как и Шахтау свидетельствуют о том, что эти горы-одиночки сложены однотипными литофациями известняков.

Известняки подразделены на две основные группы — биогермные и биокластовые (обломочные) литофации. Биогермные разности представлены мшанковыми и коралловыми фреймстоунами и рудстоунами, тубифитесовыми пакстоунами, палеоаплизинными баундстоунами и рудстоунами. Биокластовые литофации представлены фузулинидовыми, криноидно-фузулинидовыми грейнстоунами, мшанковыми и мшанково-тубифитовыми пакстоунами, криноидными и полибиокластовыми пакстоунами и вакстоунами. Микрозернистые известняки, являющиеся иловыми осадками, представлены мадстоунами и тонко-

пелоидными вакстоунами, слагают первичный матрикс биогермных мшанковых, тубифитесовых и палеоаплизинных известняков.

Повсеместное распространение в ассельском и сакмарском ярусах биокластических карбонатных песков (пакстоунов и грейнстоунов) указывает на существование в ассельско-сакмарское время карбонатного шельфа с активной гидродинамикой. Цикличное чередование полибиокластовых вакстоунов, пакстоунов и крупнозернистых криноидно-фузулинидовых грейнстоунов, присутствие прослоев ракушняка, указывает на штормовое влияние в мелководной зоне шельфа.

В тиховодной зоне шельфа с иловой седиментацией формировались мшанковые и тубифитесовые поселения, приуроченные преимущественно к ассельской части разреза шиханов. Эти известняки слагают шихан Торатау. В сакмарский век в обстановке более активной гидродинамики среди криноидно-фузулинидовых песков росли коралловые колонии, наблюдаемые на вершине шихана Юрактау и в разрезах многих скважин на г. Куштау. В конце сакмарского века, в тиховодных условиях формировались палеоаплизинные корковые биостромы, наблюдаемые вблизи вершины шихана Куштау.

Изучение разрезов скважин, пробуренных на шихане Куштау, позволило выяснить последовательность в смене литофаций, совпадающую с последовательностью фаций, описанной ранее И. К. Королюк для шихана Шахтау. Отличия заключаются в направленности смены фаций — для Шахтау она предполагалась латеральной, эволюционировавшей с востока на запад в пределах одного карбонатного массива, для Куштау по скважинам нами установлена вертикальная последовательность смены фаций.

Список литературы

Антошкина А. И. Рифообразование в палеозое (север Урала и сопредельные области). Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 303 с.

Блохин А. А., Карпенко Н. М. Ишимбайский нефтяной промысел имени С. М. Кирова. Пермская экскурсия, южный маршрут. Международный геологический конгресс, XVII сессия. М., 1937. С. 66–80.

Богданов А. А. Тектоника Ишимбайского Приуралья. М: Изд-во МОИП, 1947. 148 с.

Горожанин В. М., Горожанина Е. Н. Филлоидная водоросль рода *Calciptera* в нижнепермских отложениях Приуралья // Годичное собрание (научная конференция) секции палеонтологии МОИП и Моск. отд.

Палеонтологического общества при РАН. Москва, 29–31 января 2018 г. Программа и тезисы докладов. Алексеев А. С. (ред.). М.: Палеонтологический ин-т им. А. А. Борисяка РАН, 2018. С. 26.

Горожанин В. М., Горожанина Е. Н. О строении горы Куштау (Башкирское Приуралье) // *Экзолит-2021. Актуальные проблемы литологии: задачи и решения. Годичное собрание (научные чтения). Москва, 25–26 мая 2021 г.: сборник научных материалов под ред. Ю. В. Ростовцевой.* Москва: МАКС Пресс, 2021. С. 93–96.

Горожанин В. М., Горожанина Е. Н. Генезис неפטунических даек в Стерлитамакских Шиханах // *Геологический вестник.* 2022. № 2. С. 69–80. Doi: 10.31084/2619-0087/2022-2-6

Горожанина Е. Н., Горожанин В. М. Геопарк «Торатау»: памятники природы пермские карбонатные массивы Тратау, Шахтау, Куштау, Юрактау // *Геологический вестник.* 2019. № 3. С. 161–170. Doi: 10.31084/2619-0087/2019-3-11

Горожанина Е. Н., Днистрянский В. И., Побережский С. М., Горожанин В. М., Пазухин В. Н., Кулагина Е. И., Кочетова Н. Н., Ремизова С. Т., Чибрикова Е. В. Эталонный разрез палеозойских отложений Северного Прикаспия по данным бурения скважины 20 Песчаной площади // *Геология и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений Оренбургской области. Научные труды, вып. 4.* Оренбург: ОАО ИПК «Южный Урал», 2007. С. 73–86.

Жемчугова В. А. Верхний палеозой Печорского бассейна. Сыктывкар: Коми республиканское изд-во, 1998. 160 с.

Журавлев А. Ю. Среди рифов и мифов // *Природа,* 2004. № 7. С. 62–68.

Иванова Р. М., Кулагина Е. И. Водоросли пермского шихана Куштау // *Геологический вестник.* 2023. № 2. Doi: 10.31084/2619-0087/2023-2

Исакова Т. Н., Кулагина Е. И., Филимонова Т. В. Раннепермская фораминиферовая биота рифового массива Шахтау и ее связи с биотами тетической и арктической областей // *Геологический вестник.* 2020. № 1. С. 3–12. Doi: 10.31084/2619-0087/2020-1-1

Королюк И. К. Методика и результаты изучения пермского рифогенного массива Шахтау (Приуралье). М.: Наука, 1985. 111 с.

Кулагина Е. И., Скуин И. А., Коссовая О. Л. Пермский риф Шахтау. Уфа: Белая река, 2015. 72 с.

Маслов В. П. Ископаемые известковые водоросли СССР // *Тр. ГИН.* Вып. 160. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 300 с.

Микрюков М. Ф. Стерлитамакские шиханы. Пермская экскурсия, южный маршрут // *Международный геологический конгресс, XVII сессия.* М., 1937. С. 81–92.

Наливкин Д. В. Стерлитамакское пересечение Южного Урала // *Международный геологический конгресс. XVII сессия. Пермская экскурсия. Южный маршрут.* Л. М.: Госгеолиздат, 1937. С. 93–116.

Наливкин Д. В. Учение о фациях. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956. 534 с.

Ованесов Г. П. Формирование залежей нефти и газа в Башкирии, их классификация и методы поисков. М.: Гостопиздат, 1962. 295 с.

Путеводитель геологической экскурсии по разрезам палеозоя и верхнего докембрия западного склона Южного Урала и Приуралья/Под ред. В. Н. Пучкова. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1995. 177 с.

Пучков В. Н. Особенности геологического строения геопарка «Торатау» // *Геологический вестник.* 2019. № 3. С. 18–49. DOI: 10.31084/2619-0087/2019-3-3

Пучков В. Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 146 с.

Раузер-Черноусова Д. М. Фации верхнекаменноугольных и артинских отложений Стерлитамакско-Ишимбаевского Приуралья: на основе изучения фузулинид. М.: Изд-во АН СССР, 1950. 109с. (Тр. ГИН, Вып. 119).

Раузер-Черноусова Д. М., Королюк И. К. Стерлитамакские шиханы — раннепермские рифы // *Международный конгресс «Пермская система Земного шара». Путеводитель геологических экскурсий. Ч. II Южноуральская экскурсия.* Свердловск. 1991. С. 47–71.

Реестр особо охраняемых природных территорий Республики Башкортостан. Изд. 2-е, перераб. Уфа: Издательский центр «МедиаПринт», 2010. 414 с.

Сагдеева Н. С. Основные типы известняков горы Куштау // *Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий. Сборник статей всероссийской молодежной конференции.* М.: Издательство «Перо», 2022. С. 107–109. [Электронное издание].

Филимонова Т. В., Горожанина Е. Н., Исакова Т. Н., Горожанин В. М. Приуральский отдел пермской системы юго-восточной части Соль-Илецкого свода: биостратиграфия и литолого-фациальные особенности // *Стратиграфия. Геологическая Корреляция,* 2015. Т. 23, № 2. С. 17–42.

Хворова И. В. Фораминиферовые биогермы в рифовых массивах Ишимбаевского Приуралья // *Доклады АН СССР,* 1951. Том LXXVIII. № 6. С. 1193–1194.

Чувашов Б. И. Динамика развития Предуральского краевого прогиба // *Геотектоника,* 1998. № 3. С. 22–37.

Чувашов Б. И., Гареев Э. З. Геологическая характеристика рифовых массивов Стерлитамакской группы // *Уникальные памятники природы — шиханы Тратау и Юрактау/Под ред. А. И. Мелентьева, В. Б. Мартыненко.* Уфа: Гилем, Башк. энциклопедия, 2014. С. 5–24.

Чувашов Б. И., Пруст Ж.-Н., Буассо Т., Веннан Е., Черных В. В. К истории формирования стерлитамакских шиханов (раннепермские рифовые массивы Южного Предуралья) // *Ежегодник-1995/Институт геологии и геохимии им. акад. А. Н. Заварицкого. Информационный сборник научных трудов.* Екатеринбург: Уро РАН. 1996. С. 25–34.

Шамов Д. Ф. Фации сакмаро-артинских отложений Ишимбайского Приуралья. // *Тр. УФНИИ.* Вып. II. М.: Гостоптехиздат, 1957. С. 3–76.

Шамов Д. Ф. Разрез перми гор-одиночек Шахтау и Тратау // *Путеводитель экскурсий 047 XXVII Международного геологического конгресса: Южный Урал./Отв. ред. О. Л. Эйнон.* М.: Наука, 1984. С. 22–25.

Antoshkina A. I., Ponomarenko E. S. Bioinduced crustification as a reaction of Late Carboniferous– Early Permian reef

ecosystems to biosphere changes // *Paleontological Journal*, 2014. Vol. 48, № 14. P. 1565–1576.

Chernykh V. V., Chuvashov B. I., Davydov V. I., Henderson C. M., Shen S., Schmitz M. D., Sungatulina G. V., Barrick J. E., Shilovsky O. P. Southern Urals. Deep water successions of the Carboniferous and Permian: Pre-Congress A3 Trip, August, 6–10, 2015. Kazan: Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan Press, 2015. 88 p.

Dunham R. J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture // *Classification of Carbonate Rocks* (ed. Ham W. E.): Tulsa. AAPG Memoir 1, 1962. P. 108–121.

Flügel E. *Microfacies of carbonate rocks*. Berlin: Springer-Verlag, 2010. 984 p.

References

Antoshkina A. I. (2003). Rifoobrazovanie v paleozoe (sever Urala i sopredel'nye oblasti). [*Reef formation in the Paleozoic (North of the Urals and adjacent regions)*]. Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2003. 303 p. (In Russian).

Blokhin A. A., Karpenko N. M. (1937). Ishimbajskij neftyanoy promysel imeni S. M. Kirova. Permskaya ekskursiya, yuzhnyj marshrut. Mezhdunarodnyj geologicheskij kongress, XVII sessiya. [Ishimbai oil field named after S. M. Kirov]. *Perm excursion, southern route. International Geological Congress, XVII session*. Moscow, 1937. 66–80. (In Russian).

Bogdanov A. A. (1947). *Tektonika Ishimbajskogo Priural'ya* [Tectonics of The Ishimbai Urals]. M.: Izd-vo MOIP Moscow: MOIP Publishing House., 1947. 148 p. (In Russian).

Gorozhanin V. M., Gorozhanina E. N. (2018). Filloidnaya vodorosl' roda Calcipatera v nizhnepermiskikh otlozheniyakh Priural'ya [Phylloid algae of the genus Calcipatera in the Lower Permian deposits of the Urals]. *Annual meeting (scientific conference) of the paleontology section of the MOIP and Moscow. otd. Paleontological Society at the Russian Academy of Sciences*. Moscow, January 29–31, 2018 Program and abstracts. Alekseev A. S. (ed.). M.: Paleontological Institute im. A. A. Borisyak RAN, P. 26. (In Russian).

Gorozhanin V. M., Gorozhanina E. N. (2021). O stroenii gory Kushtau (Bashkirkoe Priural'e) [About the structure of Mount Kushtau (Bashkir Urals)]. *Ekzolit-2021. Aktual'nye problemy litologii: zadachi i resheniya. Godichnoe sobranie (nauchnye chteniya)*. Moskva, 25–26 maya 2021 g.: sbornik nauchnyh materialov pod red. Yu. V. Rostovcevoj. Moscow: MAKSS Press. 93–96. (In Russian).

Gorozhanin V. M., Gorozhanina E. N. (2022). Genezis neptunicheskikh daek v Sterlitamaskikh shihanah [Genesis of neptunite dikes in Sterlitamak Shikhans]. *Geologicheskii vestnik*. 2. 69–80. (In Russian).

Gorozhanina E. N., Gorozhanin V. M. (2019). Geopark «Toratau»: pamyatniki prirody — permskie karbonatnye massivy Tratau, Shahtau, Kushtau, Yuraktau [“Toratau” Geopark: natural monuments — Permian carbonate massifs of Tratau, Shakhtau, Kushtau, Yuraktau]. *Geologicheskii vestnik*. 3. 161–170. DOI: 10.31084/2619–0087/2019-3-11 (in Russian).

Gorozhanina E. N., Dnistriansky V. I., Poberezhsky S. M., Gorozhanin V. M., Pazukhin V. N., Kulagina E. I.,

Kochetova N. N., Remizova S. T., Chibrikova E. V. (2007). Etalonnij razrez paleozojskikh otlozhenij Severnogo Prikaspiya po dannym bureniya skvazhiny 20 Peschanoj ploshchadi [Reference section of Paleozoic deposits of the Northern Caspian Sea according to drilling data of well 20 of the Sandy area]. *Geologiya i ekspluatatsiya neftnykh i gazovykh mestorozhdenij Orenburgskoj oblasti. Nauchnye trudy*, vyp. 4. Orenburg: JSC IPK “Southern Urals”, 73–86. (In Russian).

Zhemchugova V. A. (1998). Verhnij paleozoj Pechorskogo bassejna [*Upper Paleozoic of the Pechora basin*]. Syktyvkar: Komi respublikanskoe izd-vo. 160 p. (In Russian).

Zhuravlev A. Yu. (2004) Sredi rifov i mifov [*Among reefs and myths*]. *Priroda*, № 7. P. 62–68. (In Russian).

Ivanova R. M., Kulagina E. I. (2023). Vodorosli permskogo shikhana Kushtau [Algae of the Permian shikhan Kushtau]. *Geologicheskii vestnik*. № 2. Doi: (In Russian).

Isakova T. N., Kulagina E. I., Filimonova T. V. (2020). Early Permian foraminiferal biota of reefal massif Shakhtau and its relationship to same biota of the Paleotethyan and Arctic regions [Early Permian foraminiferal biota of the Shakhtau reef massif and its relationship with the biota of the Tethyan and Arctic regions]. *Geologicheskii vestnik*. № 1. P. 3–12. (In Russian).

Korolyuk I. K. (1985). Metodika i rezul'taty izucheniya permskogo rifogennogo massiva Shahtau (Priural'e). [*Methodology and results of studying the Permian reef massif of Shakhtau (Ural region)*]. M.: Nauka., 111 p. (In Russian).

Kulagina E. I., Skuin I. A., Kossovaya O. L. (2015). Permskij rif Shahtau. [*Perm reef Shakhtau*]. Ufa: Belaya reka, 72 p. (In Russian).

Maslov V. P. (1956). Iskopaemye izvestkovye vodorosli SSSR [*Fossil calcareous algae of the USSR*]. Tr. GIN. M.: Publishing House of the ANSSR, 160. 300 p. (In Russian).

Mikryukov M. F. (1937). Sterlitamaskie shihany [Sterlitamak shikhans]. *Permskaya ekskursiya, yuzhnyj marshrut. Mezhdunarodnyj geologicheskij kongress, XVII sessiya*. Moscow. 81–92. (In Russian).

Nalivkin D. V. (1937). Sterlitamaskoe peresechenie Yuzhnogo Urala [Sterlitamak crossing of the Southern Urals]. *Mezhdunarodnyj geologicheskij kongress. HVII sessiya. Permskaya ekskursiya. Yuzhnyj marshrut* L.; M.: Gosgeolizdat, 93–116. (In Russian).

Nalivkin D. V. (1956). Uchenie o faciayah [*The doctrine of facies*]. M.-L.: Izd-vo AN SSSR. 534 p. (In Russian).

Ovanesov G. P. (1962). Formirovanie zalezhej nefti i gaza v Bashkirii, ih klassifikatsiya i metody poiskov. [*Formation of oil and gas deposits in Bashkiria, their classification and search methods*]. Moscow: Gostopizdat, 236 p. (In Russian).

Putevoditel' geologicheskoy ekskursii po razrezam paleozoya i verhnego dokembriya zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala i Priural'ya (1995). [*Guidebook of a geological excursion through sections of the Paleozoic and Upper Precambrian of the western slope of the Southern Urals and the Urals*]. Ed. by V. N. Puchkov. Red. V. N. Puchkov. Ufa: IG UNC RAN, 177 p. (In Russian).

Puchkov V. N. (2019). Osobennosti geologicheskogo stroeniya geoparka «Toratau» [Features of the geological structure of the geopark “Toratau”]. *Geologicheskii vestnik*. 3. 18–49. Doi: 10.31084/2619–0087/2019-3-3 (In Russian).

Puchkov V.N. (2000). Paleogeodinamika Yuzhnogo i Srednego Urala [*Paleogeodynamics of the Southern and Middle Urals*]. Ufa: Dauria, 146 p. (In Russian).

Rauser-Chernousova D.M. (1950). Facii verhnemennougol'nyh i artinskih otlozhenij Sterlitamasko-Ishimbaevskogo Priural'ya: na osnove izucheniya fuzulinid [*Facies of the Upper Carboniferous and Artinskian deposits of the Sterlitamak-Ishimbaevsky Urals: based on the study of fusulinids*]. M.: Izd-vo AN SSSR, M.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 109 c. (Tr. GIN, Issue 119). (In Russian).

Rauser-Chernousova D.M., Korolyuk I.K. (1991). Sterlitamaskie shihany — rannepermские рифы [Sterlitamak shikhans — Early Permian reefs]. *Mezhdunarodnyj kongress «Permskaya sistema Zemnogo shara»*. Putevoditel' geologicheskikh ekskursij. CH. II/Yuzhnoural'skaya ekskursiya. Sverdlovsk. 47–71. (In Russian).

Reestr osobo ohranyaemyh prirodnyh territorij Respubliki Bashkortostan (2010). [*Register of Specially Protected Natural Territories of the Republic of Bashkortostan*]. Izd. 2-e, pererab. Ufa: Izdatel'skij centr «MediaPrint», 2010. 414 s. (In Russian).

Sagdeeva N.S. (2022). Osnovnye tipy izvestnyakov gory Kushtau [The main types of limestone of Mount Kushtau]. *Geologiya, geoekologiya i resursnyj potencial Urala i sopredel'nyh territorij*. Sbornik statej vserossijskoj molodozhoj konferencii. Moscow: Publishing House “Pero”, 107–109. [Electronic edition]. (In Russian).

Filimonova T.V., Gorozhanina E.N., Isakova T.N., Gorozhanin V.M. (2015). Priural'skii otdel permской системы yugo-vostochnoi chasti Sol' — Ilet'skogo svoda: biostratigrafiya i litologo-fatsial'nye osobennosti [Cis-Uralian stage of the Permian system of the southeastern part of the Sol-Ilet'sk dome: biostratigraphy and lithofacies features]. *Stratigrafiya. Geologicheskaya Korrelyatsiya*, **23** (2) 131–154. (In Russian).

Khvorova I.V. (1951). Foraminiferovye biogermi v rifovyh massivah Ishimbaevskogo Priural'ya [Foraminiferous bioherms in the reef massifs of the Ishimbayevsky Urals]. *Doklady AN SSSR*, V. LXXVIII. 6. 1193–1194. (In Russian).

Chuvashov B.I. (1998). Dinamika razvitiya Predural'skogo kraevogo progiba [Dynamics of the development of the Pre-Uralian foredeep]. *Geotectonics*, 3. 22–37. (In Russian).

Chuvashov B.I., Gareev E.Z. (2014). Geological characteristics of reef massifs of the Sterlitamak group of Unique natural monuments — shikhany Tratau and Yuraktau [Geologicheskaya harakteristika rifovyh massivov Sterlitamaskoj gruppy]. *Unikal'nye pamyatniki prirody — shihany Tratau i Yuraktau*/Edited by A.I. Melentyev, V.B. Martynenko. Ufa: Gilem, Bask. encyclopedia. 5–24. (In Russian).

Chuvashov B.I., Proust J.N., Boisseau T., Vennan E., Chernykh V.V. (1996). K istorii formirovaniya sterlitamaskih shihanov (rannepermские рифовые массивы YUzhnogo Predural'ya) [On the history of the formation of Sterlitamak shikhans (Early Permian reef massifs of the Southern Urals)]. *Ezhegodnik-1995*. Institut geologii i geohimii im. akad. A.N. Zavarickogo. Informacionnyj sbornik nauchnyh trudov. Yekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. 25–34. (In Russian).

Shamov D.F. (1957). Facii sakmaro-artinskih otlozhenij Ishimbaj'skogo Priural'ya [Facies of the Sakmaro-Artinskian deposits of the Ishimbai Urals.]. *Tr. UFNI*, v. II. M.: Gostoptehizdat, 3–76. (In Russian).

Shamov D.F. (1984). Razrez permi gor-odinochek SHAhtau i Tratau [The section of Permian single mountains Shakhtau and Tratau]. *Putevoditel' ekskursij 047 XXVII Mezhdunarodnogo geologicheskogo kongressa: Yuzhny Ural*. Ed. O. L. Einor. M.: Nauka, 22–25. (In Russian).

Antoshkina A.I., Ponomarenko E.S. (2014). Bioinduced crustification as a reaction of Late Carboniferous– Early Permian reef ecosystems to biosphere changes. *Paleontological Journal*, 2014. Vol. 48, № 14, p. 1565–1576.

Chernykh V.V., Chuvashov B.I., Davydov V.I., Henderson C.M., Shen S., Schmitz M.D., Sungatulina G.V., Barrick J.E., Shilovsky O.P. (2015). Southern Urals. Deep water successions of the Carboniferous and Permian. *Pre-Congress A3 Trip*, August, 6–10. Kazan: Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan Press. 88 p.

Dunham R.J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional texture // Classification of Carbonate Rocks (ed. Ham W.E.): *Tulsa. AAPG — Memoir 1*, 1962. P. 108–121.

Flügel E. (2010). *Microfacies of carbonate rocks*. Berlin: Springer-Verlag. 984 p.

Сведения об авторах:

Горожанина Елена Николаевна, к. г.-м. н., Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН). gorozhanin@ufaras.ru

Горожанин Валерий Михайлович, к. г.-м. н. Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН). gorozhanin@ufaras.ru

Сагдеева Нурия Сабировна, аспирант Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН). gorozhanin@ufaras.ru

About the authors:

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

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

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

Статья поступила в редакцию 16.05.2023; одобрена после рецензирования 30.05.2023; принята к публикации 14.07.2023.

The article was submitted 16.05.2023; approved after reviewing 30.05.2023; accepted for publication 14.07.2023.