

Научная статья

УДК 561/551/736.1:470.52

DOI: 10.31084/2619-0087/2023-2-4

ВОДОРΟΣЛИ ПЕРМСКОГО ШИХАНА КУШТАУ

Р. М. Иванова¹, Е. И. Кулагина^{2, @}

1 — Институт геологии и геохимии им. акад. А. Н. Заварицкого УрО РАН, г. Екатеринбург
geoivanur@mail.ru

2 — Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа
kulagina@ufaras.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1684-3366>

Впервые приводится характеристика водорослевого сообщества из нижнепермских (приуральских) отложений шихана Куштау. Водоросли изучены по шлифам из образцов скважины, пробуренной в седловине шихана, вскрывшей ассельский и сакмарский ярусы. В нижнепермских отложениях Стерлитамакских шиханов наиболее многочисленны тубифитесы, условно относимые к семейству сине-зелёных водорослей *Girvanellaceae*. Тубифитесы известны также из шиханов Шахтау, Торатау и Юрактау, где являются породообразующими. Приводится краткая история их изучения и первоописания, сделанные Д. М. Раузер-Черноусовой в 1950 г. и В. П. Масловым в 1956 г. Сифоновые известковые водоросли, изученные по материалу скважины 30 Куштау, включают представителей семейств зелёных водорослей: *Dasycladaceae* (Kützing, 1843) *Stizenberger*, 1860, *Cylocrinaceae* Maslov, 1956, *Anchicodiaceae* Shuysky in Chuvashov et al., 1987. Из зелёных водорослей доминируют представители рода *Pseudoepimastopora*, многочисленны *Atractyliopsis*, *Globuliferoporella*, *Neoanchicodium*. Всего в отложениях Куштау определен 21 вид водорослей, которые ранее были известны из пород шихана Шахтау. Наиболее обильны водоросли в сакмарском ярусе, где они встречены на четырех уровнях. В ассельском ярусе водоросли встречены на одном уровне.

Ключевые слова: Южный Урал, сифоновые водоросли, пермская система, приуральский отдел
Благодарности. Авторы выражают благодарность АО «Сырьевая компания» и лично А. В. Шкурко за возможность изучения керна Шихана Куштау. Работа выполнена в соответствии с планами научно-исследовательских работ ИГГ УрО РАН, тема гос. задания 123011800010–5 и ИГУФИЦ РАН, тема гос. задания FMRS-2022–0010.

Original article

ALGAE OF THE PERMIAN SHIKHAN KUSHTAU

R. M. Ivanova, E. I. Kulagina

1 — Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (UB RAS), geoivanur@mail.ru

2 — Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), kulagina@ufaras.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1684-3366>

Для цитирования: Иванова Р. М., Кулагина Е. И. Водоросли пермского шихана Куштау // Геологический вестник. 2023. № 2. С. 53–65. DOI: 10.31084/2619-0087/2023-2-4.

For citation: Ivanova R. M., Kulagina E. I. Algae of the Permian shikhan Kushtau. *Geologicheskii vestnik*. 2023. No. 2. P. 53–65. DOI: 10.31084/2619-0087/2023-2-4.

© Р. М. Иванова, Е. И. Кулагина, 2023

The data on the algal assemblage of the Lower Permian (Cisuralian) deposits of the Kushtau Shikhan is considered for the first time. The algae were studied in thin sections made from core of borehole drilled in the saddle of the Kushtau Shikhan. The drilled interval included Asselian-Sakmarian deposits. In the Lower Permian deposits of the Bashkirian (Sterlitamak) shikhans, tubiphytes are the most numerous, conditionally attributed to the family of blue-green algae Girvanellaceae. Tubiphytes are also known on the Shakhtau, Toratau and Yuraktau shikhans, where they are rock-forming. The calcareous siphon algae studied from the material of borehole 30 Kushtau include species of the green algae families: Dasycladaceae (Kützing, 1843) Stizenberger, 1860, Cyclocrinaceae Maslov, 1956, Anchiocodiaceae Shuysky in Chuvashov et al., 1987. Among dominating green algae the representatives of the genus *Pseudoepimastopora*, *Atractyliopsis*, *Globuliferoporella*, *Neoanchicodium* are numerous. A total number of species (21), previously known from the Shakhtau Shikhan, have been identified in the borehole 30 in Kushtau.

Keywords: Southern Urals, algae, Permian system, Cisuralian Series

Acknowledgements: The authors express their gratitude to the management of JSC “Syryevaya Compania” and personally A. V. Shkurko for the opportunity to study the core of the Kushtau Shikhan. The work was carried out in accordance with the research plans of the ИГГ УрО РАН, on the state tasks 123011800010-5IG and UFRC RAS, on the state tasks FMRS-2022–0010.

Введение

Информация о водорослях шиханов Торатау, Шахтау, Куштау и Юрактау по большей части связана со сведениями о тубифитесах. Эти интересные организмы, относимые отечественными палеонтологами к сине-зелёным водорослям, играли значительную роль в формировании органогенных построек. Сведения о них имеются в ряде работ [Раузер-Черноусова, 1950; Маслов, 1956; Чувашов, Дюпина, 1973; Королюк, 1985; Чувашов и др., 1987; Chuvashov et al., 1993; Иванова Р. М., 2013; Чувашов, Гареев, 2014].

Сифоновые известковые водоросли массива Шахтау известны по работе Е. Л. Кулик [1978], в которой описано 23 вида, включая 9 новых. Е. Л. Кулик, И. К. Королюк и Д. М. Раузер-Черноусова [1978] дали характеристику водорослевых фаций и распространения 35 видов водорослей Шахтау по горизонтам ассельского и сакмарского ярусов с привязкой к фузулинидовым зонам, а также показали фаціальную приуроченность водорослевых сообществ.

В настоящей статье приводятся первые результаты изучения сифоновых водорослей массива Куштау. Из известняков массива Куштау до сих пор была известна только крупная кодиевая водоросль из семейства Codiaceae (скв. 21) [Горожанина, Горожанин, 2019].

В основу положен керновый материал скважины 30 Куштау, пробуренной в седловине центральной части массива. Отбор образцов проведен Е. Н. Горожаниной и Е. И. Кулагиной в 2017 г.

Проблематичные тубифитесы

В биогермных фациях всех Башкирских (Стерлитамакских) шиханов имеют широкое распространение проблематичные организмы, которые условно были отнесены к сине-зелёным водорослям. Микроорганизмы, объединённые под названием «сине-зелёные водоросли», или «цианобактерии», насчитывают свыше 1600 видов разнообразных одноклеточных, колониальных, нитчатых форм, характеризующихся микроскопическими размерами, способностью осуществлять фотосинтез с выделением кислорода, отсутствием оформленного ядра и особенностями структуры клетки, а также рядом других свойств [Чувашов и др., 1987]. Отечественные палеонтологи рассматривали тубифитесы в семействе сине-зелёных водорослей Girvanellaceae [Чувашов и др., 1987].

Тубифитесы впервые были описаны Д. М. Раузер-Черноусовой [1950] под названием *Shamovella* в честь Дмитрия Федоровича Шамова, известного геолога, изучавшего раннепермские рифы Башкирии.

Описание водоросли *Shamovella* приведено Д. М. Раузер-Черноусовой в примечании [1950, с. 17, табл. III, фиг. 1, 2]: «*Shamovella* gen. nov. названа нами известковая водоросль трубчатой формы, неправильно изгибающаяся, с полостью (возможно иногда след обрастания): с поверхности трубки белые, фарфоровидные, в прозрачных сечениях — тёмно-серые, тонкозернистые, многослойные или однородные, с каналами и с нитчатой структурой». Но поскольку типовой вид не был определен, считается, что род описан не по правилам. Поэтому от этого названия пришлось от-

казаться и принять название *Tubiphytes*, данное В. П. Масловым [1956], которым был определен типовой вид рода *Tubiphytes obscurus*. В. П. Маслов [1956] дал следующее описание: «*Tubiphytes* — обволакивающий организм, образующий наросты из микрозернистого кальцита вокруг других организмов. Описываемая водоросль обычно имеет вид извивающихся червеобразных неправильных цилиндров, образовавшихся в результате обрастания каких-то исчезнувших стеблей, след от которых остается в виде трубки, заполненной вторичным кальцитом. Слои такого рода нароста бывают различной толщины, достигающей один и более миллиметров». Подобные известняки можно наблюдать на южном склоне г. Юрактау в небольшом известняковом карьере (рис. 1).

Б. И. Чувашов [Чувашов, Дюпина, 1973] предложил считать тубифитесы микробиальными образованиями с подразделением на две экологические группы. Позже эти группы *Tubiphytes obscurus* были отнесены к двум подвидам: *Tubiphytes obscurus shamovella* Rauser-Chernousova, 1950 и *Tubiphytes obscurus obscurus* Maslov, 1956 [Chuvashov et al., 1993]. Разделение подвидов основано на морфологии роста: *T. obscurus shamovella* характеризует цилиндрические формы, а *T. obscurus obscurus* — сегментированные



5 см

Рис. 1. Тубифитесовый известняк, шихан Юрактау, южный склон, нижний уступ карьера

Fig. 1. Tubiphytes limestone, Yuraktau Shikhan, southern slope, lower ledge of the quarry

агрегаты в виде лепешковидных тел с выростами [Chuvashov et al., 1993]. Под микроскопом в шлифах эти образования имеют темный цвет, так как состоят из плотного тонкозернистого кальцита (рис. 2).

Б. Сенобари-Дарьян [Senowbari-Daryan, 2013] показал, что разные авторы в разное время относили эти организмы и к водорослям, и к обволакивающим фораминиферам, и к гидроидным, а также к продуктам жизнедеятельности одновременно водорослей и фораминифер (т. е. продуктам симбиоза). В результате проведенных исследований он отнёс тубифитесы к неопределённому отряду и классу (uncertain), семейству Nigriporellidae. Нигрипореллиды известны из позднепалеозойских и триасовых рифовых фаций Словении, Австрии, Греции, Ирана, Техаса [Senowbari-Daryan, 2013]. Б. И. Чувашов [Чувашов, Гареев, 2014; Чувашов, 2016] относил их к проблематичным организмам.

Тубифитесовые известняки образуют мощные толщи в ассельском ярусе и тастубском горизонте сакмарского яруса. По данным И. К. Королюк [1985], изучавшей шихан Шахтау, они слагают крупные тела неправильной формы размером в десятки и сотни метров, линзы и прослои среди мшанковых биогермных и реже — среди слоистых детритовых пород. Нами тубифитесовые биогермы и прослои тубифитесовых известняков встречены на шихане Юрактау, в шлифах из кернов скважин Куштау.

Сифоновые водоросли

Общая характеристика

Сифоновые водоросли, как и большинство других слоевцовых, сохраняются в осадках благодаря прижизненному обызвествлению. Мы можем реконструировать живую водоросль только на основании обызвествлённого слоевища в зависимости от степени его сохранности. Обызвествление не бывает полным и равномерным. Обычно минерализуются оболочки сифонов, периферических ответвлений, спорангиев, а также пространство между этими морфологическими элементами [Чувашов и др., 1987]. В основу их классификации положены такие морфологические признаки, как количество сифонов в медулярной зоне и поперечные перегородки, разделяющие осевую трубку на сегменты [Иванова, 2013]. *Dasycladales* или мутовчатые сифонии имеют один центральный сифон, от которого более или менее закономерно к периферии отходят ответвления [Маслов, 1973]. Схемы строения некоторых водорослей порядка

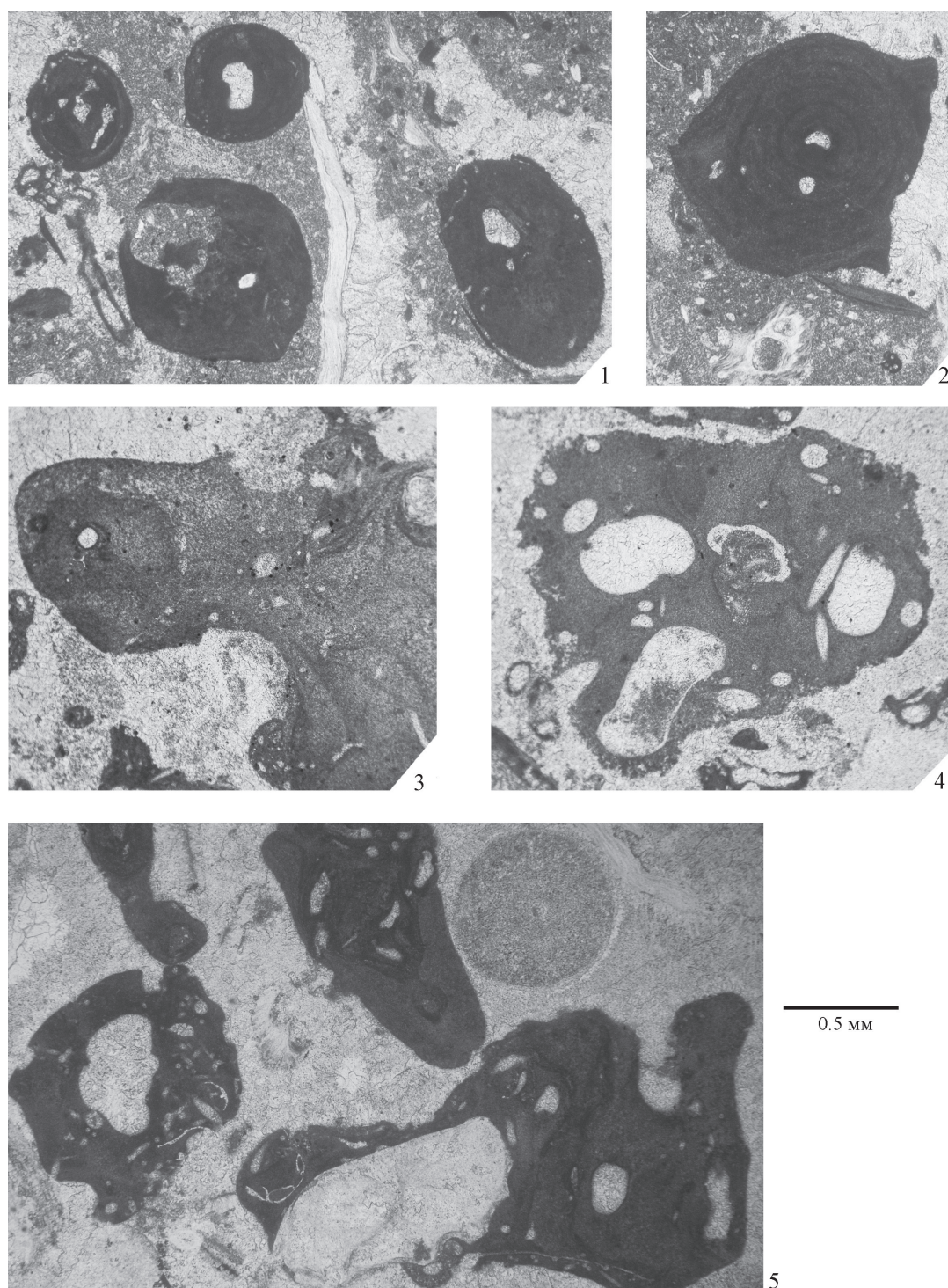


Рис. 2. Проблематичные тубифитесы Башкирских шиханов

1, 2. *Tubiphytes obscurus shamovella* Rauser-Chernousova, 1950, поперечные сечения, 1 — экземпляр (далее — экз.). 125К-1, 2 — экз. 125К-2, Юрактау, южный склон, образец (обр.) Б2а, шлиф (далее — шл.) 1, сакмарский ярус. 3, 4, 5. *Tubiphytes obscurus obscurus* Maslov, 1956, Куштау, скважина (далее — скв.) 30, сакмарский ярус: 3 — экз. 125К-3, 4 — экз. 125К-4, оба с глубины (гл.) 76.3 м, шл. 1; 5 — экз. 125К-5, гл. 93.5, шл. 1.

Fig. 2. Problematic tubiphytes of the Bashkirian shikhans

1, 2. *Tubiphytes obscurus shamovella* Rauser-Chernousova, 1950, transverse sections: 1 — No 125K-1, 2 — No 125K-2, Yuraktau, southern slope, sample No. B2a, Sakmarian Stage. 3, 4, 5-*Tubiphytes obscurus obscurus* Maslov, 1956, borehole 30 Kushtau, Sakmarian Stage: 3 — No 125K-3, 4 — No 125K-4, both from the depth 76.3 m; 5 — No 125K-5, depth 93.5 m.

Dasycladales показаны на рисунках 3 и 4 (Чувашов, 1974; Чувашов и др., 1987).

Местонахождение

Скважиной 30 Куштау вскрыты отложения ассельского и сакмарского возраста. Глубина скважины 175 м. Водоросли встречены на пяти уровнях. Коллекция № 125К хранится в Институте геологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН.

Ассельский ярус сложен известняками микритовыми, водорослевыми, фораминиферовыми (часто фузулиновыми) и тубифитесовыми. Возраст обоснован Т. Н. Исаковой по фузулинидам: выделяются верхняя часть холоднотолжского горизонта, включающая зону *Schwagerina*

moelleri — *Globifusulina fecunda* и шиханский горизонт, соответствующий зоне *Sphaeroschwagerina sphaerica* — *Globifusulina firma*. Мощность более 100 м. В ассельском ярусе водоросли встречены на глубине 146.5 м в биокластовом криноидно-фораминиферовом грейнстоуне. Из фораминифер многочисленны представители отрядов *Staffellida*, *Schwagerinida*, *Palaeotulariida*.

Сакмарский ярус представлен тастубским и стерлитамакским горизонтами. Сложен известняками фузулиновыми, криноидными, мшанковыми, палеоаплизинными, водорослевыми. Встречаются многочисленные брахиоподы и кораллы. Тастубский горизонт представлен фузулиновой зоной *Sakmarella moelleri*. Мощность яруса 120 м. Водоросли встречены на глубинах 63.5, 66.6, 76.3, 93.5 м в основном в биокластовых

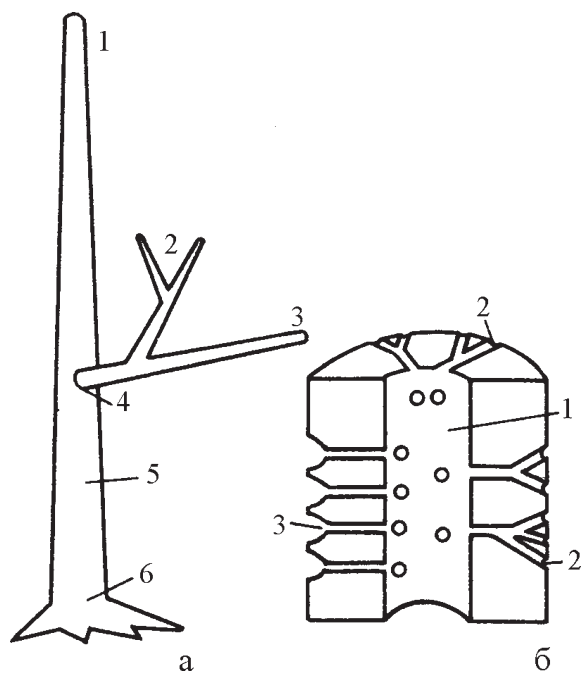


Рис. 3. Строение водорослей порядка *Dasycladales* [Чувашов и др., 1987, рис. III. 4]

а — строение слоевища: 1 — апикальная часть слоевища, 2 — ветви 1–3 порядков, 3 — дистальная часть ветви, 4 — проксимальная часть ветви, 5 — центральная ось, 6 — базальная часть слоевища; б — строение таллита: 1 — центральная трубка, 2 — периферические ответвления, 3 — коровый слой утрикул.

Fig. 3. The structure of algae of the order *Dasycladales* [Chuvashov et al., 1987, fig. III. 4]

а — structure of the thallus: 1 — apical part of the thallus, 2 — branches of 1–3 orders, 3 — distal part of the branch, 4 — proximal part of the branch, 5 — central axis, 6 — basal part of the thallus; б — the structure of the thallus: 1 — the central tube, 2 — peripheral branches, 3 — utricula crustal layer.

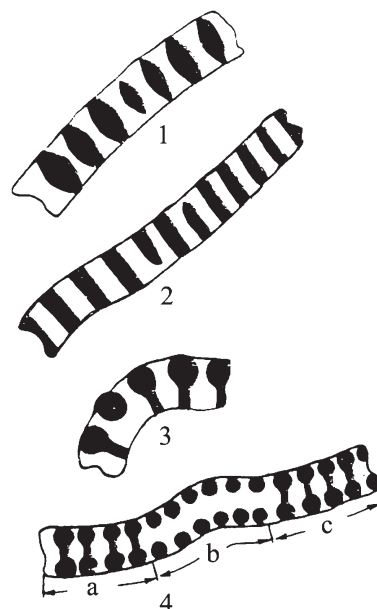


Рис. 4. Схема строения ветвей некоторых родов зеленых водорослей по [Чувашов, 1974, рис. 4]

1 — *Pseudoepimastopora*: ветви расширяются в средней части известковой оболочки; 2 — *Epimastopora*, одинаковый диаметр ветвей в пределах известковой оболочки; 3 — *Gyroporella*, ветви образуют характерные булабовидные утолщения на апикальных концах; 4 — *Globuliferoporella*, ветви имеют вид гантелей; а — с — облик ветвей в зависимости от направления сечения.

Fig. 4. Scheme of the structure of the branches of some genera of green algae according to [Chuvashov, 1974, fig. 4]

1 — *Pseudoepimastopora*: branches expand in the middle part of the calcareous shell; 2 — *Epimastopora*, the same diameter of the branches within the calcareous shell; 3 — *Gyroporella*, branches form characteristic club-shaped thickenings at the apical ends; 4 — *Globuliferoporella*, branches look like dumbbells; а — с — appearance of branches depending on the direction of the section.

грейнстоунах. Образец с глубины 63.5 м представлен фораминиферо-криноидным вакстоуном с фрагментами мшанок и единичных брахиопод. Наиболее обильные водоросли встречены на глубине 66.6 м в водорослевом грейнстоуне (рис. 5), в котором определены 15 видов девяти родов водорослей. На глубине 93.5 м водоросли встречены в фораминиферовом грейнстоуне.

Таксономический состав

В биоценозах рифогенных массивов и, в частности, в шлифах скв. 30 Куштау, кроме преобладающих по количеству тубифитесов, встречены представители трёх семейств зелёных водорослей: Dasycladaceae (Kützing, 1843) Stizenberger, 1860, Cyclocrinaceae Maslov, 1956 и Anchicodiaceae Shuysky in Chuvashov et al., 1987. Первое семейство представлено таксонами *Gyroporella dissecta* Tchuvashov, *G. clavata* Tchuvashov, *G. ex*

nipponica Endo et Hashimoto, *Macroporella* sp., *Globuliferoporella symmetrica* (Johnson), *G. angulata* Tchuvashov, *Atractyliopsis carnica* E. Flügel, *Mizzia* sp. (ex gr. *cornuta* Kochansky et Herak) (рис. 6, рис. 7, фиг. 14, 15); второе — *Epimastopora seleukensis* Kulik, *E. alpina* Kochansky et Herak, *E. flügeli* Kulik, *Pseudoepimastopora likana* (Kochansky et Herak) H. Flügel, *Ps. schachtauensis* Kulik (см. рис. 7, фиг. 1–13). Семейство Anchicodiaceae представлено видами *Neoanchicodium shichanense* Kulik, *Neoanchicodium* sp., *Eugonophyllum johnsoni* Konishii et Wray, *E. konishii* Kulik, *Eugonophyllum* sp., *Anchicodium sindbadi* Elliott (рис. 8). Из зелёных водорослей доминантами являются представители родов *Pseudoepimastopora*, многочисленные *Atractyliopsis*, *Gyroporella*, *Globuliferoporella*, *Neoanchicodium*. Основной знаток пермской микрофлоры Б. И. Чувашов обозначил ассельско-сакмарскую стадию развития зелёных известковых водорослей как *Globuliferoporella* — *Gyroporella*

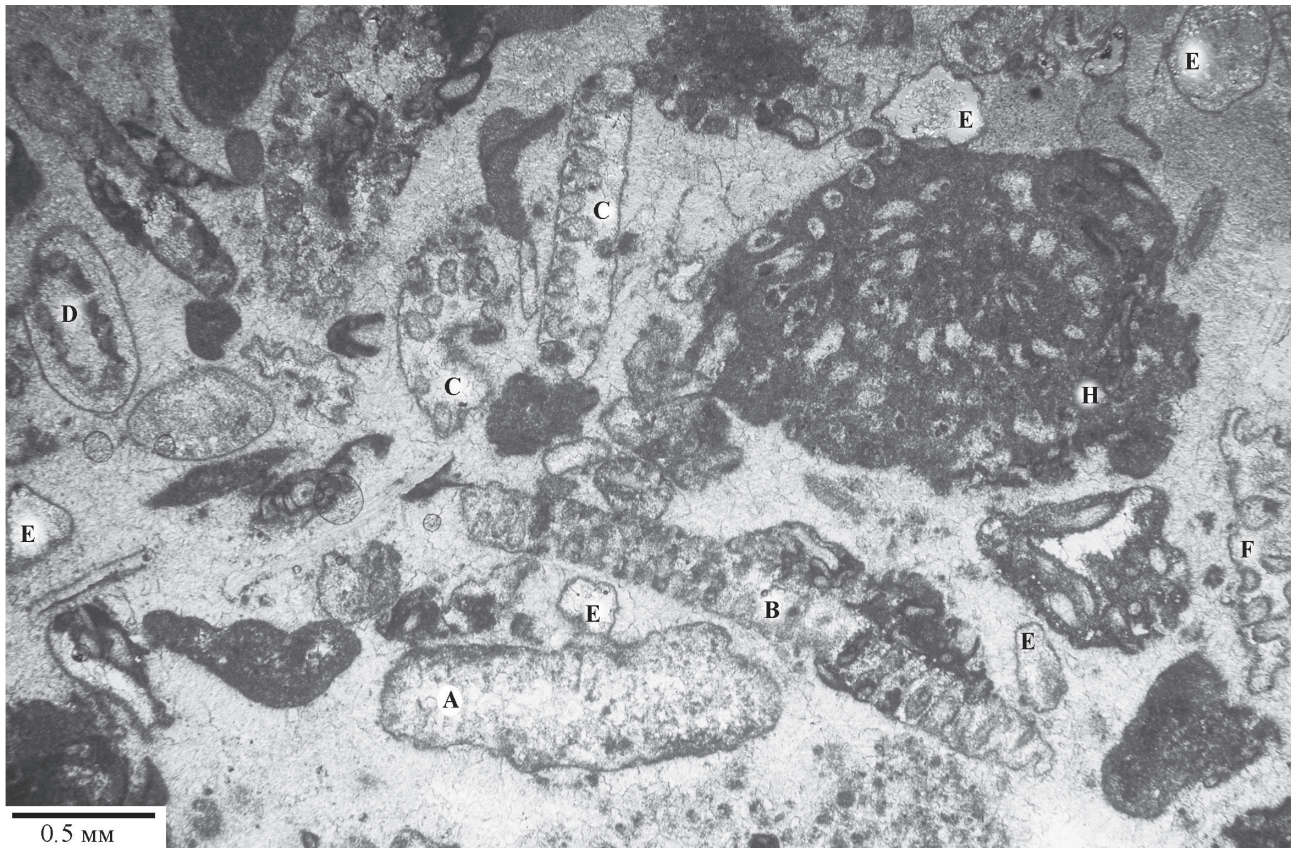


Рис. 5. Фораминиферо-водорослевый грейнстоун, скв. 30 Куштау, глубина 66.6 м, шлиф 1

A — *Anchicodium sindbadi* Elliott, B — *Globuliferoporella angulata* Tchuvashov, C — *Atractyliopsis* cf. *carnica* E. Flügel, D — *Eugonophyllum konishii* Kulik, E — *Neoanchicodium* sp., F — *Gyroporella clavata* Tchuvashov, H — раковина фузулиниды.

Fig. 5. Foraminiferal-algal grainstone, borehole 30 Kushtau, depth 66.6 m, thin section 1

A — *Anchicodium sindbadi* Elliott, B — *Globuliferoporella angulata* Tchuvashov, C — *Atractyliopsis* cf. *carnica* E. Flügel, D — *Eugonophyllum konishii* Kulik, E — *Neoanchicodium* sp., F — *Gyroporella clavata* Tchuvashov, H — fusulinid shell.

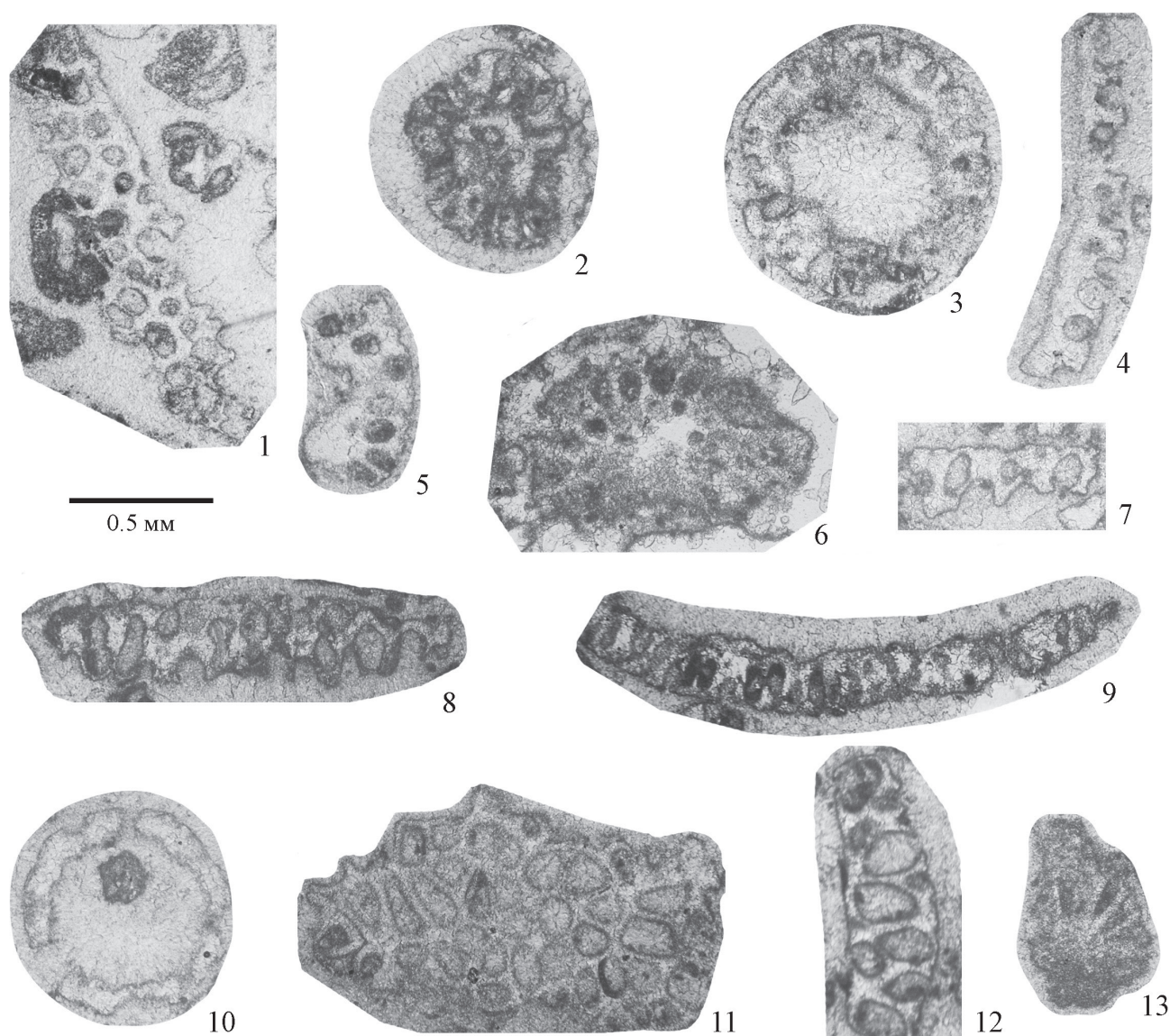


Рис. 6. Представители семейства Dasycladaceae, скв. 30 Куштау

Все изображения в одном увеличении. Фиг. 6 — из ассельского яруса, остальные из сакмарского яруса.

1, 5. *Globuliferoporella* cf. *angulata* Tchuvashev, 1974, продольно-тангенциальные сечения, 1 — экз. 125K-6, гл. 66.6 м, 5 — экз. 125K-7, оба из шл. 2. 2. *Gyroporella dissecta* Tchuvashev, 1974, поперечное сечение, экз. 125K-8, гл. 66.6 м, шл. 2. 3, 4, 7. *Gyroporella clavata* Tchuvashev, 1974: 3 — поперечное сечение, экз. 125K-9, 4, 7 — продольные сечения стенки, 4 — экз. 125K-10, 7 — экз. 125K-11, гл. 66.6 м, шл. 2. 6. *Globuliferoporella* sp., поперечное сечение, экз. 125K-12, гл. 146.5 м, шл. 1. 8, 9. *Globuliferoporella angulata* Tchuvashev, 1974, продольные сечения стенки, гл. 66.6 м: 8 — экз. 125K-13, шл. 1, 9 — экз. 125K-14, шл. 2. 10, 11. *Atractylopsis* cf. *carnica* E. Flügel, 1966, гл. 66.6 м: 10 — тангенциальное сечение, экз. 125K-15, 11 — продольное сечение стенки, экз. 125K-16, шл. 1. 12. *Gyroporella?* sp., поперечное сечение, экз. 125K-17, гл. 66.6 м, шл. 2. 13. *Macroporella* sp., фрагмент сечения, близкого к поперечному, экз. 125K-18, гл. 66.6 м, шл. 2.

Fig. 6. Representatives of the Dasycladaceae family, borehole 30 Kushtau

All figures are one magnification. All images are from the Sakmarian Stage except image 6, which is from the Asselian Stage. 1, 5. *Globuliferoporella* cf. *angulata* Tchuvashev, 1974, longitudinal-tangential sections, 1 — No 125K-6, 5 — No 125K-7, 66.6 m, both from the thin section 2. 2. *Gyroporella dissecta* Tchuvashev, 1974, transverse section, N 125K-8, 66.6 m, thin section 2. 3, 4, 7. *Gyroporella clavata* Tchuvashev, 1974: 3 — transverse section, No 125K-9; 4, 7 — longitudinal sections, 4 — No 125K-10, 7 — No 125K-11, 66.6 m, thin section 2. 6. *Globuliferoporella* sp., transverse section, No 125K-12, 146.5 m, thin section 1. 8, 9. *Globuliferoporella angulata* Tchuvashev, 1974, longitudinal sections, 66.6 m: 8 — No. 125K-13, thin section 1, 9 — No 125K-14 thin section 2. 10, 11. *Atractylopsis* cf. *carnica* E. Flügel, 1966, 66.6 m: 10 — tangential section, No 125K-15, 11 — longitudinal section, No 125K-16, thin section 1. 12. *Gyroporella?* sp., transverse section, No 125K-17, 66.6 m, thin section 2. 13. *Macroporella* sp., fragment of section close to transverse, No 125K-18, 66.6 m, thin section 2. All figures are one magnification. All images are from the Sakmarian Stage except image 6, which is from the Asselian Stage.

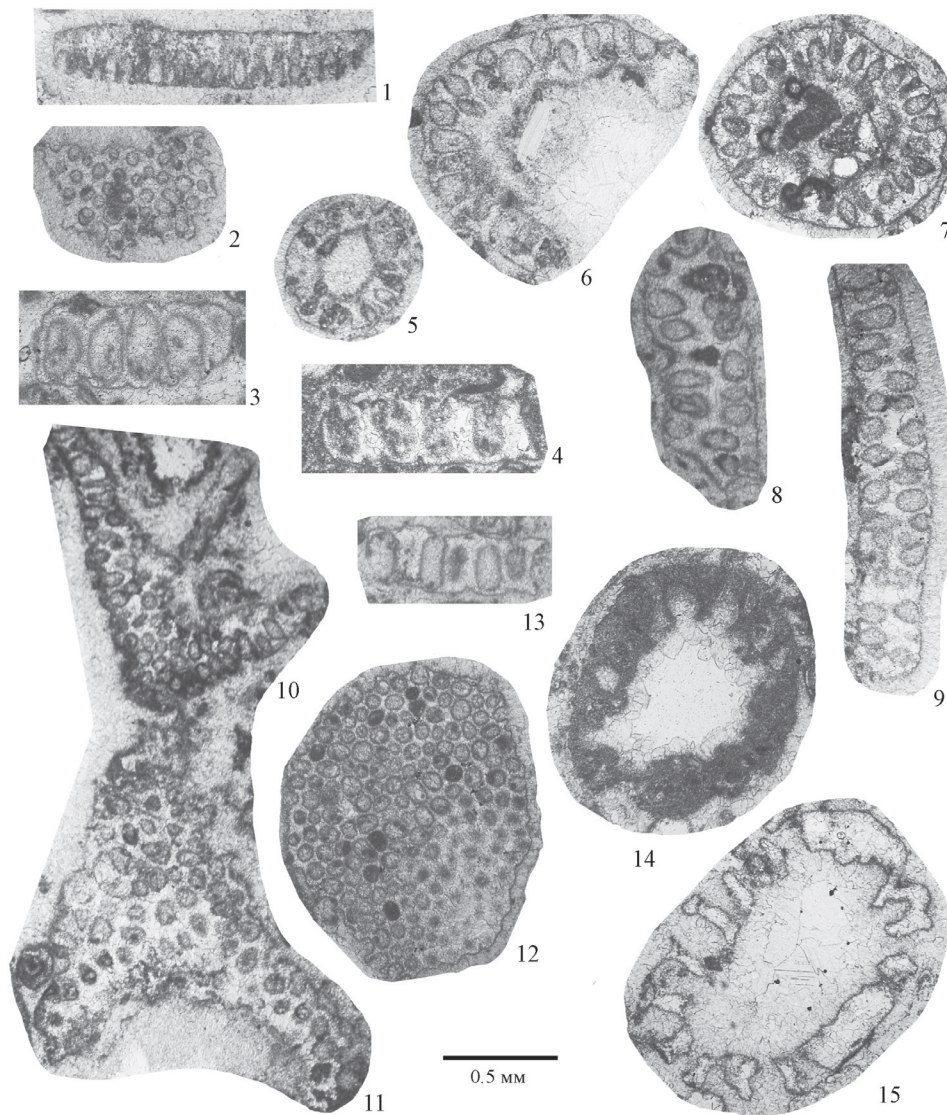


Рис. 7. Водоросли семейств Cyclocrinaceae (фиг. 1–12) и Dasycladaceae (фиг. 14, 15) скв. 30 Куштау

Все изображения в одном увеличении.

1, 2. *Epimastopora alpina* Kochansky et Herak, 1960: 1 — продольное сечение стенки, экз. 125K-19, 2 — тангенциальное сечение, экз. 125K-20, гл. 66.6 м, шл. 2, сакмарский ярус. 3, 4. *Epimastopora seleukensis* Kulik, 1978, продольные сечения стенки, 3 — экз. 125K-21, 4 — экз. 125K-22, гл. 146.5 м, шл. 1, ассельский ярус. 5–9. *Pseudoepimastopora likana* (Kochansky et Herak) H. Flügel, 1963, гл. 66.6 м: 5, 6, 7 — поперечные сечения, 6 — экз. 125K-24, шл. 1, 7 — экз. 125K-25, шл. 2; 5 — экз. 125K-23, шл. 3; 8, 9 — продольные сечения стенки, 8 — экз. 125K-26, 9 — экз. 125K-27, шл. 1, сакмарский ярус. 10–12. *Pseudoepimastopora shachtauensis* Kulik, 1978, гл. 66.6 м: 10 — продольно-тангенциальное сечение, экз. 125K-28; 11, 12 — тангенциальные сечения стенки, 11 — экз. 125K-29, 12 — экз. 125K-30, оба из шл. 1, сакмарский ярус. 13. *Epimastopora flügeli* Kulik, 1978, продольное сечение стенки, экз. 125K-31, гл. 66.6 м, шл. 1, сакмарский ярус. 14. *Mizzia* sp. (ex gr. *cornuta* Kochansky et Herak, 1960), экз. 125K-32, гл. 146.5 м, шл. 1, ассельский ярус. 15. *Gyroporella* ex gr. *nipponica* Endo et Hashimoto, 1955, поперечное сечение, экз. 125K-33, гл. 66.6 м, шл. 2, сакмарский ярус.

Fig. 7. Algae of the families Cyclocrinaceae (figs. 1–12) and Dasycladaceae (figs. 14, 15), borehole 30 Kushtau

All images are at the same magnification.

1, 2. *Epimastopora alpina* Kochansky et Herak, 1960: 1 — longitudinal section, No 125K-19, 2 — tangential section, No 125K-20, 66.6 m, thin section 2, Sakmarian Stage. 3, 4. *Epimastopora seleukensis* Kulik, 1978, longitudinal sections, 3 — No 125K-21, 4 — No 125K-22, 146.5 m, thin section 1, Asselian Stage. 5–9. *Pseudoepimastopora likana* (Kochansky et Herak) H. Flügel, 1963, 66.6 m, Sakmarian Stage: 5, 6, 7 — transverse sections, 6 — No 125K-24, thin section 1; 7 — No 125K-25, thin section 2; 5 — No 125K-23, thin section 3; 8, 9 — longitudinal sections, 8 — No 125K-26, 9 — No 125K-27, thin section 1. 10–12. *Pseudoepimastopora shachtauensis* Kulik, 1978, 66.6 m, Sakmarian Stage: 10 — longitudinal-tangential section, No 125K-28; 11, 12 — tangential sections; thin section 1. 13. *Epimastopora flügeli* Kulik, 1978, longitudinal section, No 125K-31, 66.6 m, thin section 1, Sakmarian Stage. 14. *Mizzia* sp. (*M. ex gr. cornuta* Kochansky et Herak, 1960), No 125K-32, 146.5 m, thin section 1, Asselian Stage. 15. *Gyroporella* ex gr. *nipponica* Endo et Hashimoto, 1955, No 125K-33, 66.6 m, thin section 2, Sakmarian Stage.

[Чувашов, Шуйский, 1988], что нашло отражение не только в изучаемых Стерлитамакских шиханах, но и в рифогенных раннепермских отложениях Канады (Mamet et al., 1979).

Образ жизни и условия обитания

Зеленые водоросли обитают в пресных, солоноватоводных и морских водоёмах, реже в наземных

и почвенных обстановках [Иванова, 2013]. Наиболее благоприятными условиями для их произрастания в морях были участки вблизи рифогенных поселений, характеризующиеся хорошей аэрацией воды, притоком биогенных элементов, глубинами 10–20 м [Кулик и др., 1978] и температурой воды 20 и более градусов [Маслов, 1963]. Селились известковые зелёные водоросли на рифовом плато и на верхней части склонов биогермов.

Таблица 1 Распространение водорослей в Башкирских шиханах. Данные по Шахтау приведены по Кулик и др. [1978]; данные по Торатау — по Чувашову, Гарееву [2014].

Table 1 Distribution of algae in the Bashkirian shikhans. Data for Shakhtau are given according to Kulik et al. [1978]; data for Toratau — after Chuvashov and Gareev [2014].

Таксоны	Торатау	Куштау	Юрактау	Шахтау
Girvanellaceae				©
<i>Girvanella mexicana</i> Cooper et al., 1952				+
<i>G. cf. ducii kasakhiensis</i> Maslov, 1949				+
<i>Tubiphytes obscurus obscurus</i> Maslov, 1956	+	+	+	+
<i>T. obscurus shamovella</i> Rauser-Chernousova, 1950	+	+	+	+
Dasycladaceae				
<i>Atractyloopsis carnica</i> Flügel, 1966		+		+
<i>Gyroporella cf. clavata</i> Tchuvashov, 1974		+		
<i>G. dissecta</i> Tchuvashov, 1974		+		
<i>G. ex gr. nipponica</i> Endo et Hashimoto, 1955		+		
<i>Globuliferoporella symetrica</i> Johnson, 1951		+		+
<i>Gl. cf. angulata</i> Tchuvashov, 1974		+		
<i>Macroporella</i> sp.		+		+
<i>Mizzia</i> sp. (ex gr. <i>cornuta</i> Kochansky et Herak, 1960)		+		
<i>Mizzia velebitana</i> Schubert, 1908				+
<i>M. cornuta</i> Kochansky et Herak, 1960				+
<i>M. pseudocornuta</i> Kulik, 1978				+
Cyclocrinaceae				
<i>Epimastopora alpina</i> Kochansky et Herak, 1960		+		+
<i>E. flügeli</i> Kulik, 1978		+		+
<i>E. bashkirica</i> Kulik, 1978				+
<i>E. seleukensis</i> Kulik, 1978		+		+
<i>Pseudoepimastopora likana</i> (Kochansky et Herak) H. Flügel, 1963		+		+
<i>Ps. shachtauensis</i> Kulik, 1978		+		+
Anchicodiaceae				
<i>Anchicodium sindbadi</i> Elliott, 1970		+		
<i>Eugonophyllum johnsoni</i> Konishi et Wray, 1961		+		+
<i>E. mulderi</i> Rácz, 1966				+
<i>E. konishii</i> Kulik, 1978		+		+
<i>Neoanchicodium</i> sp.		+		
<i>N. catenoides</i> Endo, 1954				+
<i>N. shichanense</i> Kulik, 1978		+		+
<i>N. pseudoarticulatum</i> Kulik, 1978				+
<i>N. paradoxa</i> Kulik, 1978				+
<i>Ortonella cf. morikawai</i> Endo, 1954				+
<i>Garwoodia</i> sp.				+
<i>Anthracoporella spectabilis</i> Pia, 1920				+
Codiaceae				
<i>Calcipatera</i> sp.		+		
<i>Coactilum</i> sp.				+
Всего родов/видов	1	12/21	1	22/34

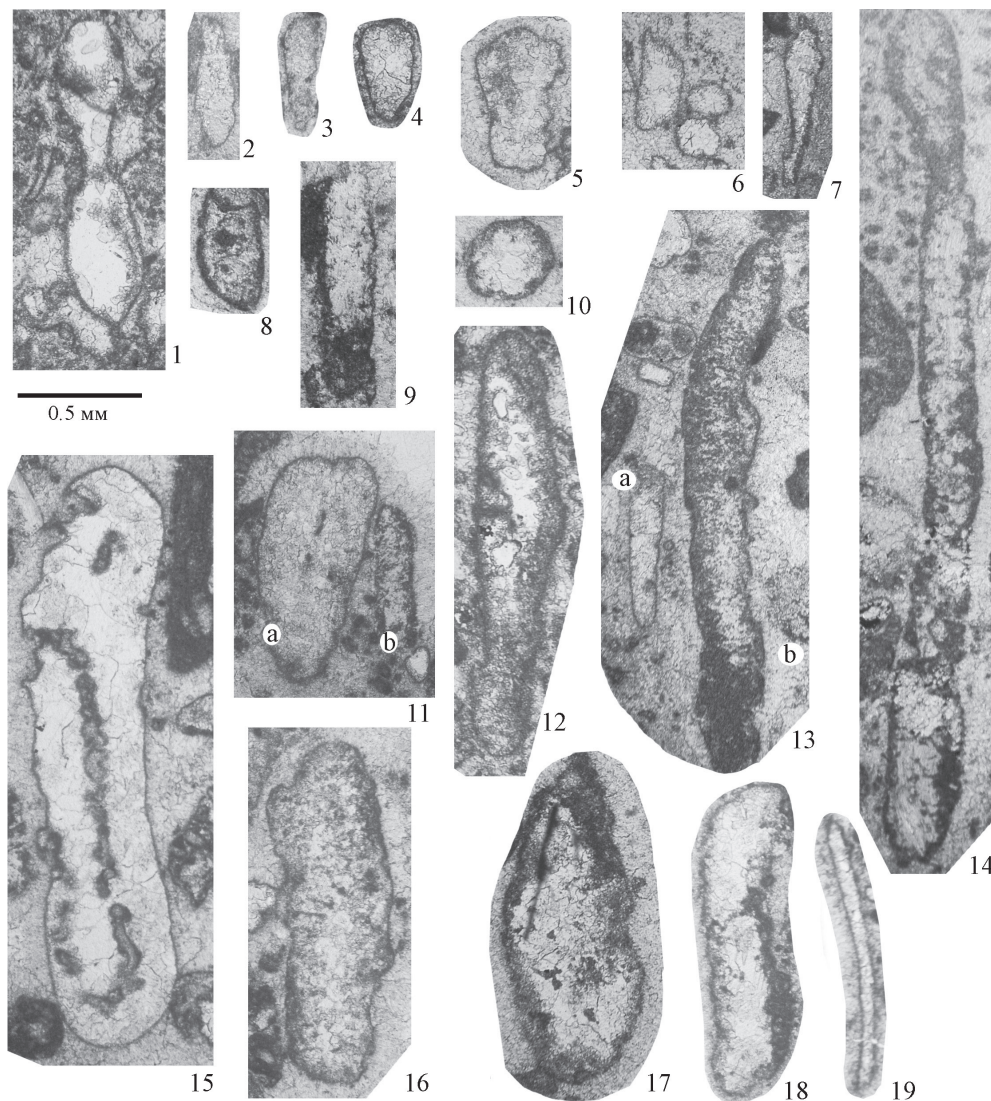


Рис. 8. Водоросли семейства Anchicodiaceae, скв. 30 Куштау

Все изображения в одном увеличении. Фигуры 1, 12 — из ассельского яруса, остальные из сакмарского яруса.

1. *Neoanchicodium shichanense* Kulik, 1978, продольное сечение, экз. 125K-34, гл. 146.5 м, шл. 7. 2–7, 13a. *Neoanchicodium* sp., гл. 66.6 м: 2–4, 5, 7, 9b — продольные сечения, 6 — продольное и два поперечных сечения: 2 — экз. 125K-35, 3 — экз. 125K-36, шл. 3; 4 — экз. 125K-37, 5 — экз. 125K-38, 6 — экз. 125K-39, 13a — экз. 125K-40, шл. 2; 7 — экз. 125K-41, шл. 1. 8, 9. *Eugonophyllum* sp., продольные сечения, 8 — экз. 125K-42, 9 — экз. 125K-43, гл. 66.6 м, шл. 2. 10. *Eugonophyllum johnsoni* Konishi et Wray, 1961, поперечное сечение, экз. 125K-44, гл. 66.6 м, шл. 1. 11b, 12, 13b, 14. *Eugonophyllum johnsoni* Konishi et Wray, 1961, продольные сечения: 11b — экз. 125K-45, гл. 66.6 м, 11b — экз. 125K-46, шл. 1, 12 — экз. 125K-48, гл. 146.5 м, шл. 7; 13b — экз. 125K-48, гл. 66.6 м, шл. 2, 14 — экз. 125K-48, гл. 66.6 м, шл. 1. 11a, 15. *Eugonophyllum konishii* Kulik, 1978, продольные сечения, гл. 66.6 м: 11a — экз. 125K-49, шл. 1, 15 — экз. 125K-50, шл. 2. 16, 17, 18. *Anchicodium sindbadi* Elliott, 1970, продольные сечения, гл. 66.6 м: 16 — экз. 125K-51, шл. 1, 17 — экз. 125K-52, 18 — экз. 125K-53 шл. 2. 19. *Anchicodium* sp., продольное сечение, экз. 125K-53, гл. 66.6 м, экз. 125K-54, шл. 2.

Fig. 8. Algae of the family Anchicodiaceae, of the borehole 30 Kushtau

All images are at the same magnification.

Figures 1, 12 are from the Asselian Stage, the rest are from the Sakmarian Stage. 1. *Neoanchicodium shichanense* Kulik, 1978, longitudinal section, 146.5 m, No 125K-34, thin section 7. 2–7, 13a. *Neoanchicodium* sp., 66.6 m: thin sections 2–4, 5, 7, 9b — longitudinal sections, 6 — longitudinal and two cross sections: 2 — No 125K-35, 3 — No 125K-36, 3–2 — No 125K-37, 3 — экз. 125K-36, thin section 3; 4, 5, 6, 13a — thin section 2; 7—thin section 1. 8, 9. *Eugonophyllum* sp., longitudinal sections, 8 — No 125K-42, 9 — No 125K-43, 66.6 m, thin section 2. 10. *Eugonophyllum johnsoni* Konishi et Wray, 1961, cross section, No 125K-44, 9 — No 125K-45, 66.6 m, thin section 1. 11b, 12, 13b, 14. *Eugonophyllum johnsoni* Konishi et Wray, 1961, longitudinal sections: 11b — No 125K-46, 12 — No 125K-47, 146.5 m, thin section 7; 13b — No 125K-48, 66.6 m, thin section 2, 14 — No 125K-49, 66.6 m, thin section 1. 11a, 15. *Eugonophyllum konishii* Kulik, 1978, longitudinal sections, 66.6 m: 11a — No 125K-50 thin section 1, 15 — No 125K-51, thin section 2. 16, 17, 18. *Anchicodium sindbadi* Elliott, 1970, longitudinal sections, 66.6 m: 16 — No 125K-52, thin section 1, 17 — No 125K-52, 18 — No 125K-53, thin section. 2. 19. *Anchicodium* sp., longitudinal section, No 125K-54, 66.6 m, thin section 2.

Наиболее богатые сообщества дазикладиевых водорослей характерны вблизи коралловых поселений. Сильная раздробленность водорослевых остатков по предположению Кулик и др. [1978] связана с высоким гидродинамическим режимом или с активной растительной деятельностью обитателей кораллового биогерма. Альгосообщества массива Куштау не содержат красных (багряных) водорослей, что свидетельствует об отсутствии тиховодных обстановок при формировании рифа.

Выводы

В керне скважины 30 Куштау найдены остатки микроскопических проблематичных организмов, относимых к сине-зелёным водорослям, и остатки зелёных водорослей порядков Dasycladales и Siphonales из класса сифоновых, принадлежащим 21 виду 12 родов.

Количественно преобладали проблематичные породообразующие *Tubiphytes* и дазикладовые семейства Cuscolginaceae рода *Pseudoepimastopora* (*P. likana* и *P. shachtauensis*).

Водорослевые сообщества шиханов Куштау и Шахтау очень близки по составу, но не полностью идентичны в виду того, что изучение водорослей из скважин массива Куштау только начато. По аналогии с ранее разработанным шиханом Шахтау мы можем предполагать, что находки водорослей со временем будут увеличены, поскольку с Шахтау известно более 30 видов известковых водорослей [Кулик и др., 1978; Королюк, 1985].

Список литературы

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: <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2019-3-11>

Иванова Р. М. Известковые водоросли карбона Урала. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. 244 с.

Королюк И. К. Методы и результаты изучения пермского рифогенного массива Шахтау (Башкирское Приуралье). М.: Наука, 1985. С. 1–112.

Кулик Е. Л. Известковые зеленые (сифоновые) водоросли ассельского и сакмарского ярусов биогермного массива Шахтау (Башкирия). // Вопросы микропалеонтологии, вып. 21. М.: Наука, 1978. С. 182–215.

Кулик Е. Л., Королюк И. К., Раузер-Черноусова Д. М. К вопросу стратиграфического и фациального значения ассельских и сакмарских известковых водорослей (по материалам из биогермного массива Шахтау, Башкирия). //

Вопросы микропалеонтологии, вып. 21. М.: Наука, 1978. С. 216–233.

Маслов В. П. Ископаемые известковые водоросли СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 300 с. (Труды ГИН АН СССР; Вып. 160).

Маслов В. П. Основы палеонтологии. Водоросли, мохообразные, псилофитовые, плауновидные, членисто-стебельные, папоротники. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 252–259.

Маслов В. П. Атлас породообразующих организмов (известковых и кремневых). М.: Наука, 1973. 268 с.

Раузер-Черноусова Д. М. Фации верхнекаменноугольных и артинских отложений Стерлитамакско-Ишимбаевского Приуралья на основе изучения фузулинид // Труды Инс-та геол. наук АН СССР. Вып. 119. Геол. сер. (№ 43). М.: Изд-во АН СССР, 1950. С. 1–109.

Чувашов Б. И. Пермские известковые водоросли Урала // Г. Н. Папулов, Б. И. Чувашов (ред.), Водоросли, брахиоподы и миоспоры из пермских отложений западного Урала. Сборник по вопросам стратиграфии № 20. Свердловск: УНЦРАН, 1974. С. 3–76 (Труды Института геологии и геохимии Уральского научного центра АН СССР. Вып. 109).

Чувашов Б. И., Гареев Э. З. Геологическая характеристика рифовых массивов Стерлитамакской группы // Мелентьев А. И., Мартыненко В. Б. (ред.), Уникальные памятники природы — шиханы Тратау и Юрактау. Уфа: Гилем, Башкирская энциклопедия, 2014. С. 1–24.

Чувашов Б. И., Дюпина Г. В. Верхнепалеозойские терригенные отложения западного склона Среднего Урала. М.: Наука, 1973. 230 с.

Чувашов Б. И., Лучинина В. А., Шуйский В. П., Шайкин И. М., Берченко О. И., Ищенко А. А., Салтовская В. Д., Ширишова Д. И. Ископаемые известковые водоросли. Новосибирск: Наука, 1987. 224 с. (Труды института геологии и геофизики. Вып. 674).

Чувашов Б. И., Шуйский В. П. Стратиграфические и фациальные комплексы известковых водорослей палеозоя Урала // Известковые водоросли и строматолиты (систематика, биостратиграфия, фациальный анализ. Новосибирск: Наука, 1988. С. 98–125.

Chuvashov B. I., Shuysky V. P., Ivanova R. M. Stratigraphical and facies complexes of the Paleozoic calcareous algae of the Urals. In: Barattolo F., De Castro P., Parente M. (eds), Studies on fossil benthic algae. Boll. Soc. Paleont. Ital. 1993. Spec. Vol. 1. P. 93–119.

Mamet B., Nassichuk W., Roux A. Late Paleozoic Algae and stratigraphy of the Canadian Arctic // Bull. Cent. Rech. Expior.-Prod. Elf-Aquitaine. Pau. 1979. Vol. 3, N 2. P. 669–683.

Senowbari-Daryan B. Tubiphytes Maslov, 1956 and description of similar organisms from Triassic reefs of the Tethys // Facies. 2013. № 59. P. 75–112.

References

Gorozhanina E. N., Gorozhanin V. M. (2019). Geopark «Toratau»: pamyatniki prirody — permskiye karbonatnyye

massivy Toratau, Shakhtau, Kushtau, Yuraktau [Geopark "Toratau": natural monuments — Permian carbonate massifs Tratau, Shakhtau, Kushtau, Yuraktau]. *Geologicheskii vestnik*, 3, 161–170. DOI: 10.31084/2619–0087/2019-3-11 (in Russian).

Ivanova R. M. (2013). Izvestkovyye vodorosli karbona Urala [Carboniferous calcareous algae of the Urals]. Ural Branch of RAS Publ., Ekaterinburg, 244 p. (In Russian).

Korolyuk I. K. (1985). Metody i rezul'taty izucheniya permskogo rifogennogo massiva Shakhtau (Bashkirskoye Priural'ye) [Methods and results of the study of the Permian Shakhtau reef massif (Bashkirian Urals)]. Nauka Publ., Moscow, 112 p. (In Russian).

Kulik E. L. (1978). Izvestkovyye zelenyye (sifonovyye) vodorosli assel'skogo i sakmarskogo yarusev biogermnogo massiva Shakhtau (Bashkiriya). [Calcareous green (siphonal) algae of the Asselian and Sakmarian stages of the Shakhtau bioherm massif (Bashkiria)]. *Voprosy micropaleontologii*, 21, 183–215. (In Russian).

Kulik E. L., Korolyuk I. K., Rauser-Chernousova D. M. (1978). K voprosu o stratigraficheskom i fatsial'nom znachenii assel'skikh i sakmarskikh izvestkovykh vodorosley (po materialam iz biogermnogo massiva Shakhtau, Bashkiriya) [On stratigraphic and facial importance of Asselian and Sakmarian calcareous algae (on the example of the Shakhtau bioherm massif, Bashkiria)]. *Voprosy micropaleontologii*, 21, 216–233 (in Russian).

Maslov V. P. (1956). Iskopayemye izvestkovyye vodorosli SSSR [Fossil calcareous algae of the USSR]. Academy of Sciences of the USSR, Moscow. 300 p. (Proceedings GIN RAS; Issue 160) (in Russian).

Maslov V. P. (1963). Osnovy paleontologii. Vodorosli, mokhoobraznyye, psilofitovyye, plaunovidnyye, chlenistos-tebel'nyye, paprotniki [Fundamentals of paleontology. Algae, bryophytes, psilophytes, lycopsids, arthropods, ferns]. Academy of Sciences of the USSR, Moscow, p. 252–259 (in Russian).

Maslov V. P. (1973). Atlas porodoobrazuyushchikh organizmov (izvestkovykh i kremnevykh) [Atlas of rock-forming organisms (calcareous and silicic)]. Nauka Publ., Moscow, 268 p. (In Russian).

Rauser-Chernousova D. M. (1950). Fatsii verkhnekamennougol'nykh i artinskikh otlozheniy Sterlitamasko-Ishimbayevskogo Priural'ya na osnove izucheniya fuzulinid [Facies of the Upper Carboniferous and Artinskian deposits of the Sterlitamak-Ishimbayevsky Cis-Urals based on the study of fusulinids]. Academy of Sciences of the USSR Publ., Moscow, p. 1–139 (Trudy instituta geologicheskikh nauk AN SSSR, Vyp. 119. Geologicheskaya seriya (No 43) (in Russian).

Chuvashov B. I. (1974). Permskiye izvestkovyye vodorosli Urala [Permian calcareous algae of the Urals], in: G. N. Papulov and B. I. Chuvashov. (ed.), *Vodorosli, brachiopody i miospory iz permskikh otlozheniy zapadnogo Urala* [Algae, brachiopods and myospores from the Permian deposits of the western Urals], *Sbornik po voprosam sratigrafii No 20*. Sverdlovsk, p. 3–76 (Trudy Instituta geologii i geokhimii Ural'skogo nauchnogo tsentra AN SSSR. Vyp. 109) (in Russian).

Chuvashov B. I., Gareev E. Z. (2014). Geologicheskaya kharakteristika rifovykh massivov Sterlitamaskoy gruppy [Geological characteristics of the reef massifs of the Sterlitamak group], in: Melent'yev A. I., Martynenko V. B. (Eds.), *Unikal'nyye pamyatniki prirody — shikhany Tratau i Yuraktau* [Unique monuments of nature are shikhans of Tratau and Yuraktau]. Gilem, Bashkirskaya entsiklopediya Publ., Ufa, p. 1–24 (in Russian).

Chuvashov B. I., Dyupina G. V. (1973). Verkhnepaleozoyskiye terrigenyye otlozheniya zapadnogo sklona Srednego Urala [Upper Paleozoic terrigenous deposits of the western slope of the Middle Urals]. Nauka Publ., Moscow, 230 p. (In Russian).

Chuvashov B. I., Luchina V. A., Shuisky V. P., Shaikin I. M., Berchenko O. I., Ishchenko A. A., Saltovskaya V. D., Shirshova D. I. (1987). Iskopayemye izvestkovyye vodorosli [Fossil calcareous algae]. Nauka Publ., Novosibirsk, 224 p. (Proceedings of the Institute of Geology and Geophysics. Issue 674) (in Russian).

Chuvashov B. I., Shuisky V. P. (1988). Stratigraficheskiye i fatsial'nyye komplekсы izvestkovykh vodorosley paleozoya Urala [Stratigraphic and facies assemblages of calcareous algae of the Paleozoic of the Urals], in: *Izvestkovyye vodorosli i stromatolity (sistematika, biostratigrafiya, fatsial'nyy analiz* [Calcareous algae and stromatolites (systematics, biostratigraphy, facies analysis)]. Nauka Publ., Novosibirsk, p. 9–125 (in Russian).

Chuvashov B. I., Shuisky V. P., Ivanova R. M. (1993). Stratigraphical and facies complexes of the Paleozoic calcareous algae of the Urals, in: Barattolo F., De Castro P., Parente M. (eds), *Studies on fossil benthic algae*. Boll. Soc. Paleont. Ital., Spec. Vol. 1, 93–119.

Mamet B., Nassichuk W., Roux A. (1979). Late Paleozoic Algae and stratigraphy of the Canadian Arctic // *Bull. Cent. Rech. Expior-Prod. Elf-Aquitaine*. Pau, 3 (2), 669–683.

Senowbari-Daryan B. (2013). Tubiphytes Maslov, 1956 and description of similar organisms from Triassic reefs of the Tethys. *Facies*, (59), 75–112.

Сведения об авторах

Иванова Римма Михайловна, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки, Институт геологии и геохимии им. акад. А. Н. Заварицкого, Российская академия наук Уральское отделение (ИГГ УрО РАН), ул. Академика Вонсовского, 15, geoivanur@mail.ru

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

About the authors:

Ivanova Rimma Mikhailovna, Leading Researcher, Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (IGG UB RAS), geoivanur@mail.ru

Kulagina Elena Ivanovna, Chief Researcher, Institute of Geology Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. kulagina@ufaras.ru

Статья поступила в редакцию 03.05.2023; одобрена после рецензирования 16.05.2023; принята к публикации 14.07.2023.

The article was submitted 03.05.2023; approved after reviewing 16.05.2023; accepted for publication 14.07.2023.