

**МИКРОФАЦИИ И ПАЛЕОАЛЬГОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ КАРБОНАТОВ ВЕРХНЕОРДОВИКСКОГО РАЗРЕЗА «ТАЧАЛОВ» (ЗАПАД ГОРНОГО АЛТАЯ)**И. Г. Закирьянов^{1,2,3}, В. А. Лучинина¹, Н. В. Сенников^{1,2}¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия; ²Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия; ³Институт геологии и геохимии им. А. Н. Заварицкого УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Представлены результаты изучения карбонатных пород и таксономического разнообразия известковых водорослей верхнего ордовика левой половины разреза «Тачалов», расположенной на левом борту одноименного ручья в центральном районе Чарышско-Инской структурно-фациальной зоны Горного Алтая. В породах выделено шесть микрофаций: водорослево-бактериальные баундстоуны, криноидные мадстоуны, криноидно-водорослевые вакстоуны, полибиокластовые вакстоуны, криноидно-водорослевые пакстоуно-вакстоуны и криноидно-водорослевые пакстоуны. В известняках зафиксированы известковые водоросли следующих родов: *Proaulopora* Vologdin, 1934 (Ms), *Girvanella* Nicholson et Etheridge, 1878, *Vermiporella* Stolley, 1893, *Apidium* Stolley, 1896, *Ortonella* Garwood, 1914, *Contexta* Gnilovskaja, 1972, *Halysis* Høeg, 1932, *Rothpletzella* Wood, 1948. Установлено, что при формировании биогермных построек в более активной гидродинамике разные группы известковых водорослей реагируют либо увеличением видового разнообразия (зеленые водоросли), либо увеличением количества организмов одного вида (красные водоросли).

Ключевые слова: микрофации, известковые водоросли, ордовик, Горный Алтай.

MICROFACIES AND PALEOALGOLOGICAL COMPLEXES OF CARBONATES OF THE UPPER ORDOVICIAN TACHALOV SECTION (WEST OF GORNY ALTAI)I. G. Zakiryanov^{1,2,3}, V. A. Luchinina¹, N. V. Sennikov^{1,2}¹A. A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk, Russia; ²Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia; ³Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Yekaterinburg, Russia

The article presents the study results of carbonaceous rocks and taxonomic diversity of the Upper Ordovician calcareous algae of the Tachalov section left half, located on the left side of the same-name creek in the central district of the Charysh-Inya structure-facies zone of Gorny Altai. Six microfacies are distinguished in rocks: algal-bacterial boundstones, crinoid mudstones, crinoid-algal wackestones, polybioclastic wackestones, crinoid-algal packstone-wackestones and crinoid-algal packstones. Calcareous algae of the following genera were recorded in limestones: *Proaulopora* Vologdin, 1934 (Ms), *Girvanella* Nicholson et Etheridge, 1878, *Vermiporella* Stolley, 1893, *Apidium* Stolley, 1896, *Ortonella* Garwood, 1914, *Contexta* Gnilovskaja, 1972, *Halysis* Høeg, 1932, *Rothpletzella* Wood, 1948. It is found, that during the formation of biohermal buildups in more active hydrodynamics, different groups of calcareous algae react either by increasing species diversity (like green algae) or by increasing the number of organisms of the same species (like red algae).

Keywords: microfacies, calcareous algae, Ordovician, Gorny Altai.

DOI 10.20403/2078-0575-2023-4b-109-118

Позднеордовикская эпоха характеризуется расцветом кораллов, совместно с водорослями образующих мощные рифогенные постройки [5, 8, 9]. Территория западной части Алтае-Саянской складчатой области (АССО) – один из классических районов масштабного проявления раннепалеозойского рифобразования. В верхнеордовикских карбонатных алтайских разрезах рифогенной природы водоросли установлены в Чарышско-Инской, Ануйско-Чуйской и Прителецкой структурно-фациальных зонах (СФЗ) Горного Алтая [14].

Для отработки методики палеоальгологических исследований рифогенных карбонатных образований был выбран хорошо палеонтологически охарактеризованный разрез «Тачалов», расположенный в западной части Горного Алтая, в центральном районе Чарышско-Инской СФЗ (рис. 1). В строении разреза принимают участие: терригенная пачка 1 общей мощностью 90 м, представленная переслаиванием песчаников и алевролитов с редкими

микролинзами известняков; кремнистая пачка 2 мощностью 15 м, сложенная кремнями и кремнистыми аргиллитами; карбонатная пачка 3 мощностью 40 м, состоящая из водорослево-биогермных известняков. В последней впервые были обнаружены известковые водоросли. В первой пачке известны граптолиты и конодонты, во второй – конодонты и радиолярии, а в третьей – кораллы [14].

Верхняя карбонатная пачка разреза «Тачалов» имеет рифогенную природу и состоит из многочисленных водорослевых биогермов высотой от 0,5–1,5 до 5–10 м, образованных известковыми водорослями. В межбиогермном пространстве встречаются отдельные членики криноидей, обломки раковин остракод и брахиопод. Специализированные палеоальгологические исследования разреза ранее не проводились.

Существенная неоднозначность возникает при применении широкого термина «известковые водоросли». Как отмечает Э. О. Амон [1], это по-

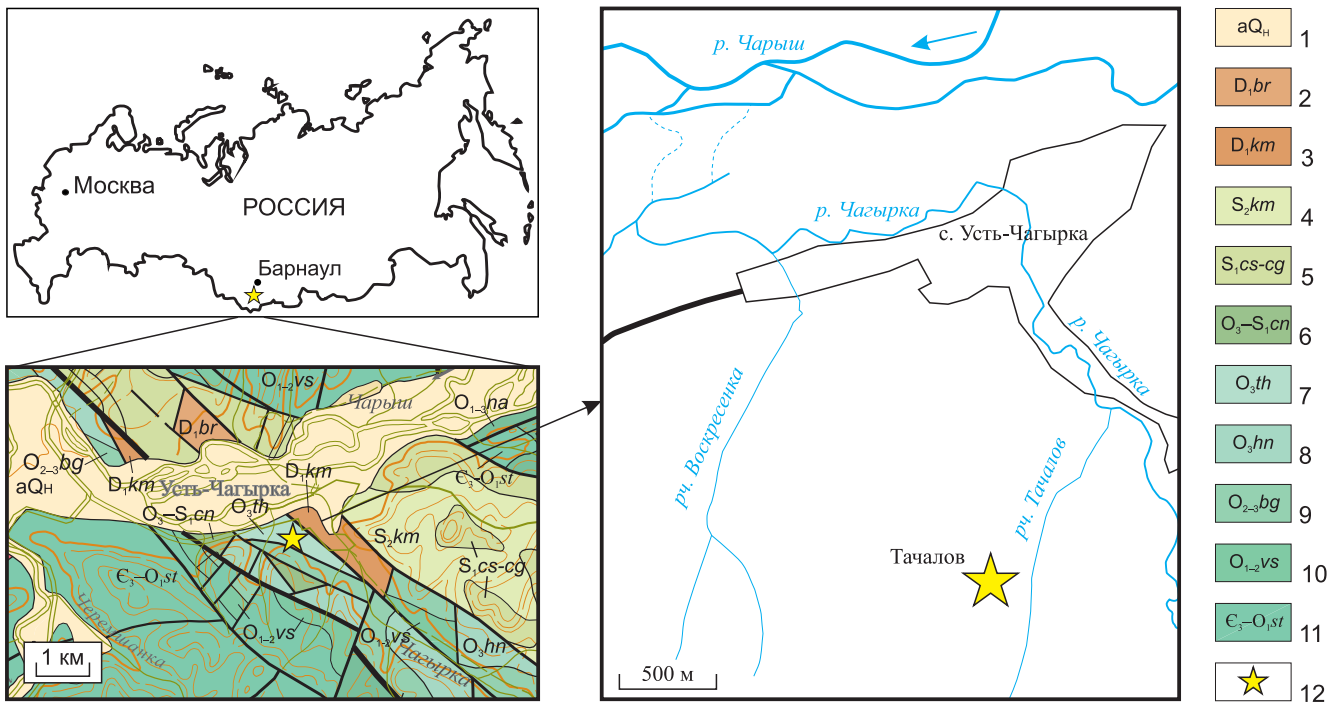


Рис. 1. Фрагмент геологической карты западной части Горного Алтая (составлена на основе геологической карты М-44-VI м-ба 1:200 000 [9]) и местоположение разреза «Тачалов»

Отложения: 1 – аллювиальные; 2, 3 – девонские, свиты: 2 – барагашская, 3 – камышенская; 4, 5 – силурийские, свиты: 4 – куимовская, 5 – чесноковская и чагырская нерасчлененные; 6 – позднеордовикско-раннесилурийские (чинетинская свита); 7–10 – ордовикские, свиты: 7 – текстеньская, 8 – ханхаринская, 9 – бугрышихинская, 10 – воскресенская; 11 – позднекембрийско-раннеордовикские (суеткинская свита); 12 – расположение разреза «Тачалов»

нятие показывает исключительно возможность к обызвествлению (частичному или полному) слоевищ и талломов. Данным термином характеризуются не только водоросли (зеленые, красные, харовые и т. д.), но и бактерии, обладающие способностью к фотосинтезу и биогенному карбонатакоплением, – цианобактерии (ранее использовавшееся наименование – синезеленые водоросли), а также известковые микропроблематики. Авторы сознательно не касаются этих сложных вопросов систематики всей группы «известковых водорослей» как предмета, выходящего за рамки настоящей статьи. Цель исследования – выявление закономерных взаимосвязей между процессом

биогермообразования, микрофациями и таксономическим составом альгофлоры. Безусловно, изучение известковых водорослей в шлифах способствует детализации строения разреза, а также предоставляет дополнительную информацию для палеогеографических реконструкций, включая условия карбонатакопления.

Материал и методика

При сборе материала в разрезе «Тачалов» образцы известняков были отобраны из прямолинейного 40-метрового трансекта, расположенного поперек слоистости карбонатной пачки разреза (рис. 2, 3). Образцы отбирались с интервалом 1 м

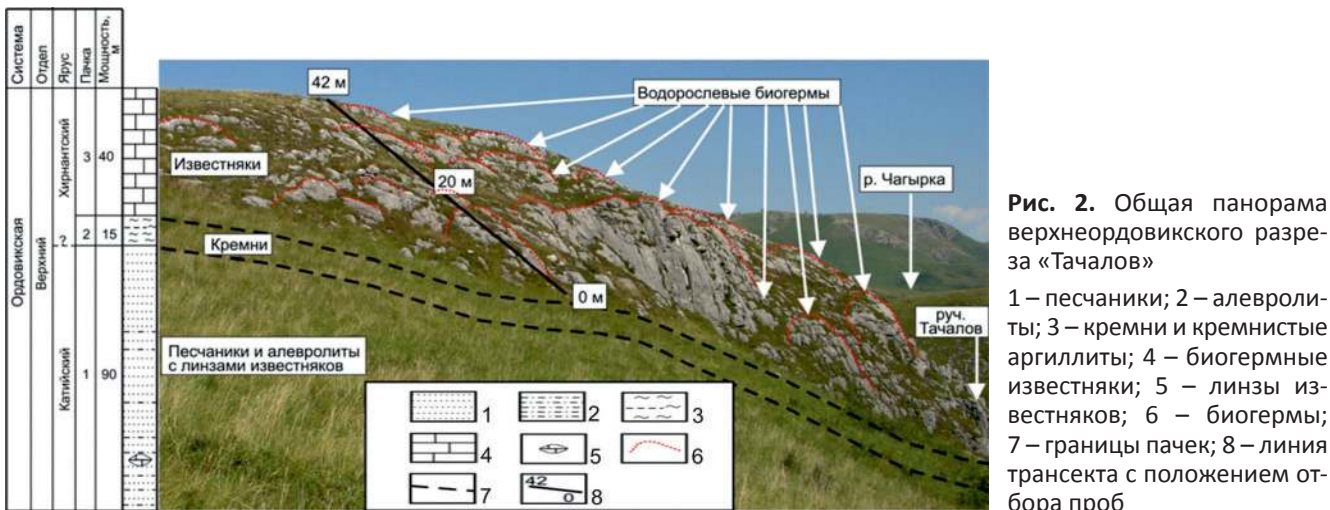


Рис. 2. Общая панорама верхнеордовикского разреза «Тачалов»

1 – песчаники; 2 – алевролиты; 3 – кремни и кремнистые аргиллиты; 4 – биогермные известняки; 5 – линзы известняков; 6 – биогермы; 7 – границы пачек; 8 – линия трансекта с положением отбора проб

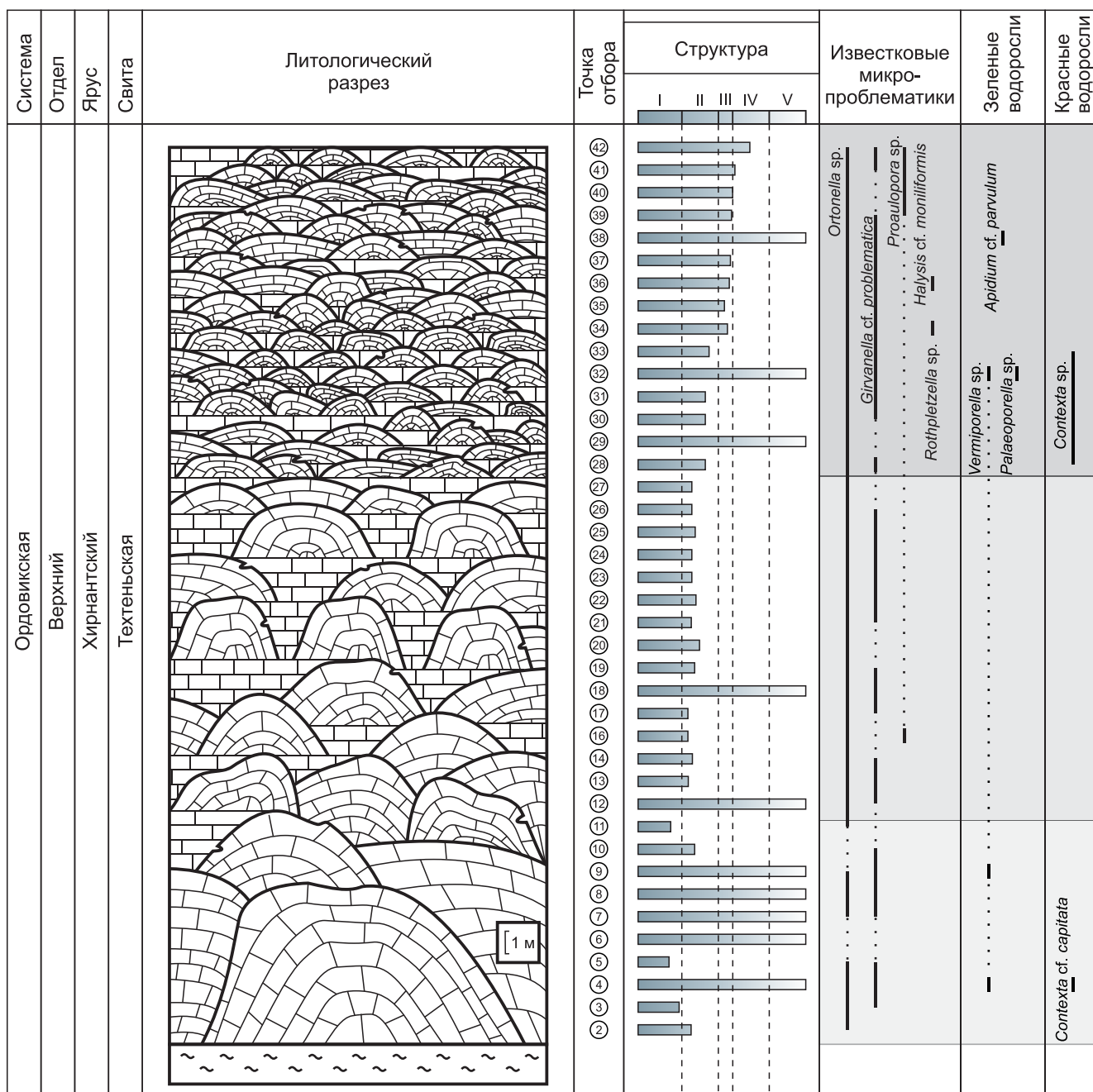


Рис. 3. Литолого-стратиграфическая колонка и микрофашии биогермных известняков разреза «Тачалов» и распространение в них таксонов альгофлоры

Номера точек отбора (цифры в кружках) – номера образцов; структуры известняков: I – мадстоуны, II – вакстоуны, III – пакстоуно-вакстоуны, IV – пакстоуны, V – баундстоуны; сплошными черными вертикальными линиями показаны интервалы разреза с остатками палеоальгофлоры

на расстоянии не более 1 м от трансекта. Коридор для прохождения трансекта выбирался таким образом, чтобы он пересекал максимальное количество средних (мощность 1–3 м, диаметр 3–10 м) и мелких (мощность 0,3–1,0 м, диаметр 1–3 м) биогермов, последовательно надстраивающих друг друга по разрезу, а также включал интервалы межбиогермных заполнений.

Полученный по такой методике материал позволяет интерпретировать все наблюдаемые изменения микрофашии и смены таксономического состава альгокомплексов как последовательные хронологические стадии.

На первом этапе лабораторного изучения осуществлены литологические описания шлифов из всех 40 проб трансекта и выделены микрофашии. На втором этапе изучены все встреченные в пробах альгологические микроостатки, выполнено их монографическое описание и определен таксономический состав. На третьем этапе рассмотрен характер распределения микрофашии по стратиграфическому интервалу разреза. На заключительном четвертом этапе выявлены взаимосвязи микрофашии и таксономического состава альгокомплексов.

Изученная коллекция насчитывает 40 шлифов, в большинстве из которых найдены остатки извест-

ковых водорослей. Алтайская коллекция шлифов с остатками водорослей передана в Центр коллективного пользования «Геохрон» ИНГГ СО РАН (Новосибирск), где хранится под № 2118.

Литофации

При классификации карбонатных пород и описании их разрезов в настоящее время, как правило, используется терминология фаций, литофаций и микрофаций.

Под *фацией* авторы, вслед за Н. В. Логвиненко [6], понимают обстановку осадконакопления, отраженную в закономерностях строения разреза, составе, структуре и текстуре горной породы.

Под *литофацией* (литотип по В. Т. Фролову [11]) понимается комплекс структурно-текстурных признаков, присущий слою, который позволяет реконструировать условия формирования и обстановки осадконакопления. Чтобы реконструировать фацию, недостаточно использовать одну литофацию, поскольку она может встречаться в разных обстановках: например, песчаник средне-мелкозернистый алевритовый массивный может формироваться как в русловых обстановках, так и в баровых морских системах.

Микрофация – термин, используемый в карбонатной литологии. Как отмечается [12], изначально микрофация определялась лишь в шлифах, однако сейчас это вся совокупность седиментологических

и палеонтологических данных, которые могут быть определены в шлифах, пришлифовках, каменных образцах и пр. не только микро-, но и макроскопически. Комплекс микрофаций также позволяет реконструировать субобстановки и обстановки осадконакопления, что проиллюстрировано, например, в работе [10].

В условиях карбонатной биогермо-рифовой субобстановки, к которой авторы относят известняки пачки 3 разреза «Тачалов», формировались водорослевые биогермы, соседствующие с межбиогермными пространствами. Снизу вверх по разрезу прослеживается уменьшение размеров биогермов с одновременным уменьшением пространства между ними.

Детальное изучение шлифов позволило установить, что самой распространенной (доминирующей) по разрезу является микрофация водорослево-бактериальных баундстоунов. Эта первая из рассматриваемых микрофаций складывается известняками, формирование которых связано с процессами жизнедеятельности организмов. В них присутствуют находки фауны и флоры в прижизненном положении (*in situ*). Среди других микрофаций встречаются криноидные мадстоуны, криноидно-водорослевые вакстоуны, полибиокластовые вакстоуны, криноидно-водорослевые пакстоуно-вакстоуны и криноидно-водорослевые пакстоуны (см. рис. 3). При этом все отмеченные микрофации установлены в еди-

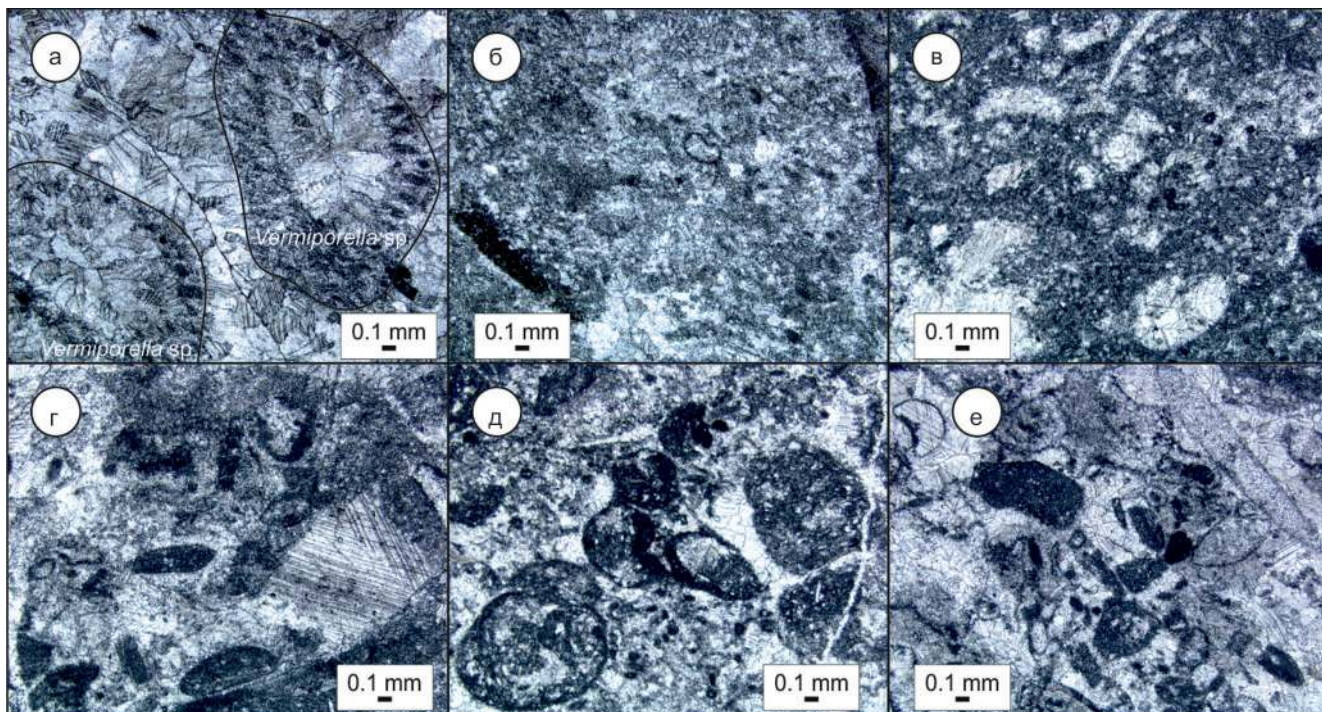


Рис. 4. Микрофации разреза «Тачалов»

а, б – водорослево-бактериальные баундстоуны (точка 4: а – зеленые водоросли *Vermiporella* sp. (коллекционный № 2118-6), сцементированные радиаксиальным цементом; б – слева – интракласт, преобразованный в результате деятельности цианобактерий); в – криноидные мадстоуны (точка 11; хорошо выражена фенестровая структура); г – полибиокластовые вакстоуны (точка 19; многочисленные микритизированные интракласты, реже – фрагменты члеников криноидей и остатки цианобактерий); д – криноидно-водорослевые пакстоуно-вакстоуны (коллекционный № 2118-5, точка 41; многочисленные остатки *Girvanella* cf. *problematica* Nich. et Ether.); е – криноидно-водорослевые пакстоуны (точка 42)

ном не слоистом крупном водорослевом рифоидном теле мощностью более 40 м и протяженностью основания 120–150 м.

Ранее в известняках изучаемого разреза была определена микрофауна биокластовых вакстоуно-пакстоунов [3], отнесенная к седьмой микрофауне. В других разновозрастных разрезах центральной части Чарышско-Инской СФЗ, включая разрез «Буровлянка-2», который соседствует с рассматриваемым, среди массивных биогермных известняков отмечалась микрофауна биокластовых флоустоунов [3]. Эта микрофауна в разрезе «Тачалов» в рамках настоящего исследования пока не зафиксирована.

Прежде чем приступить к характеристикам отдельных микрофаун в изученном разрезе, следует отметить, что в ходе петрографического изучения пород часто трудно однозначно определить структуру известняка, так как некоторые отложения достаточно неоднородны даже в пределах шлифа, в том чис-

ле представлены чередованием слоев с разной структурой. В некоторых случаях пришлось выделить разности с двойным названием, например пакстоуно-вакстоуны, которые имеют признаки двух структур. Так, в их строении присутствует карбонатный ил, они сложены не соприкасающимися друг с другом аллохемами, что позволяет отнести их к вакстоунам. Но в то же время в образцах имеются участки, в которых микрита становится очень мало, но увеличивается доля цемента, скрепляющего поддерживающие друг друга форменные элементы. В связи с этим такую структуру следует отнести к пакстоунам. Другими словами, под пакстоуно-вакстоунами имеются в виду вакстоуны с участками пакстоунов.

Водорослево-бактериальные баундстоуны (рис. 4, а, б) представляют собой известняки, почти нацело сложенные известковыми водорослями в прижизненном положении. Предположительно, представители *Ortonella* sp. формировали каркас

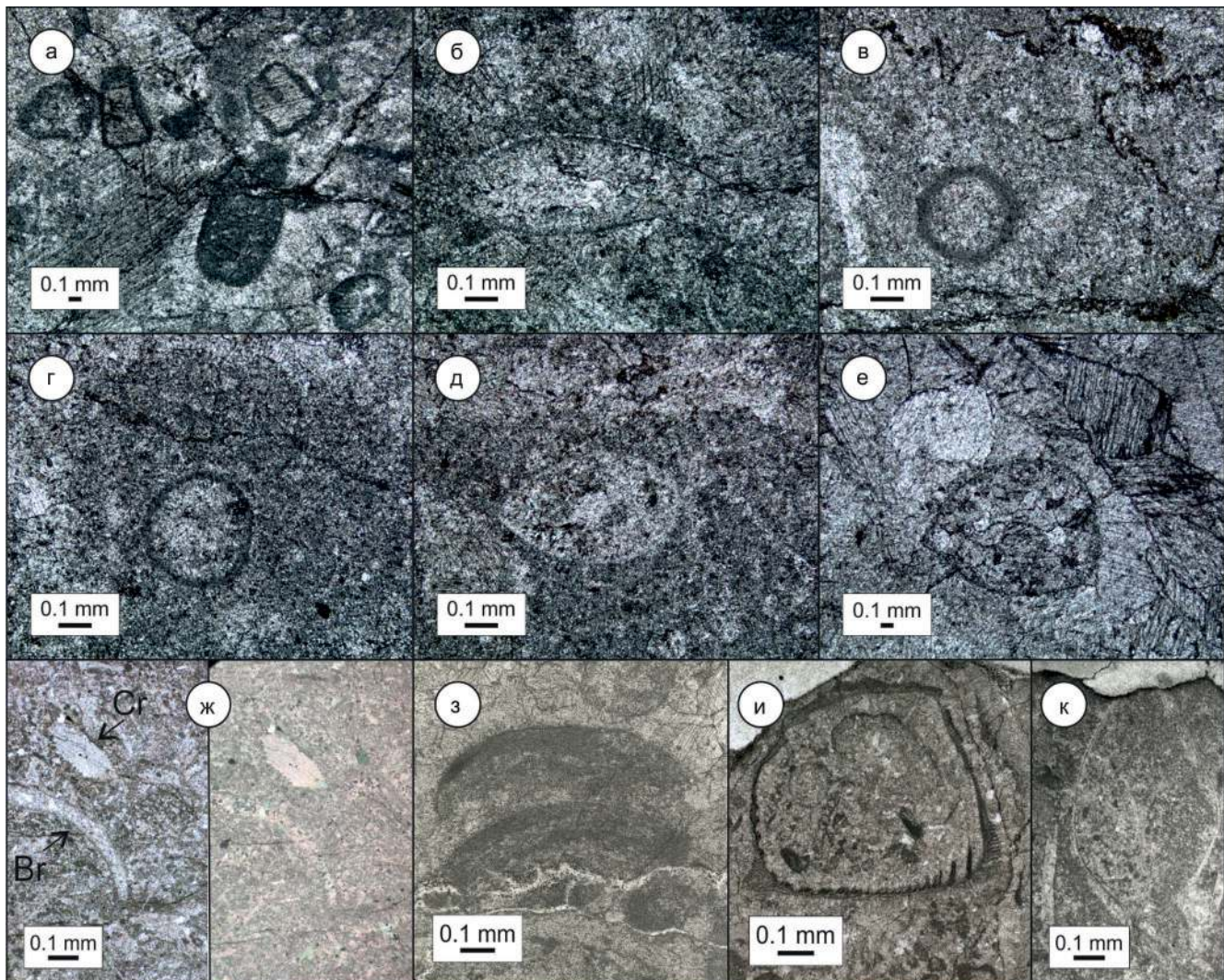


Рис. 5. Биокласты разреза «Тачалов»

а – микритизированные членики криноидей (сверху) и колония (в центре) *Girvanella* cf. *problematica* Nich. et Ether., 1878 (коллекционный № 2118-5, точка 19); б – фрагмент раковины гастроподы (точка 18); в, г – микросферы и микростилолитовые швы, заполненные глинистым материалом (в – точка 21, г – точка 23); д, е – фрагмент раковин остракод (д – точка 24, е – точка 26); ж – мадстоун с криноидеями (Cr) и фрагментом раковины брахиоподы (Br), слева – николи параллельны, справа – николи скрещены (точка 41); з – строматолитоподобные образования (точка 36); и – поперечное сечение раковины брахиоподы (точка 33); к – проблематичный организм (точка 28)

рифогенных построек, а *Girvanella cf. problematica* Nicholson et Etheridge, 1878 способствовали укреплению этого каркаса и частичной переработке других форменных элементов. В шлифах обнаружены микрит, который мог продуцироваться водорослями и цианобактериями, и цемент (чаще всего радиаксиальный), который скрепляет форменные элементы.

Криноидные мадстоуны (см. рис. 4, в) представлены известняками, более чем на 90 % сложенными микритовым материалом, остальная часть приходится на цемент (2–3 %) и редкие форменные элементы, представленные биокластами криноидей (рис. 5, ж), реже брахиопод, остракод (см. рис. 5, д, е) и микритизированными интракластами. Цемент спаритовый, наблюдается фенестровая структура.

Полибиокластовые (см. рис. 4, г) и криноидно-водорослевые вакстоуны очень похожи на криноидные мадстоуны, однако доля форменных элементов здесь достигает 15–20 %. Преобладает микритовый материал, в который погружены биокласты, среди которых, помимо перечисленных групп фауны, встречаются гастроподы (см. рис. 5, б), проблематичные организмы (см. рис. 5, и, к) и микросферы (см. рис. 5, в, г). Последние чаще всего имеют субизометричную форму и тонкую оболочку. Аналогичные находки встречаются в силуре Горного Алтая и являются остатками эвгленовых водорослей [7].

Криноидно-водорослевые пакстоуно-вакстоуны (см. рис. 4, д) и пакстоуны (см. рис. 4, е) близки между собой. Основное отличие – содержание спаритового цемента (в пакстоунах оно значительно выше, чем микрита), а также в количестве биокластов (в пакстоунах их также больше).

Биофации

В результате палеоальгологического изучения материалов разреза «Тачалов» были установлены остатки родов *Proaulopora* Vologdin, 1934 (Ms), *Girvanella* Nicholson et Etheridge, 1878, *Vermiporella* Stolley, 1893, *Palaeoporella* Stolley, 1893, *Apidium* Stolley, 1896, *Ortonella* Garwood, 1914, *Contexta* Gnilovskaja, 1972, *Halysis* Høeg, 1932, *Rothpletzella* Wood, 1948. В настоящей статье приведены описания видов, которые были определены в открытой номенклатуре: *Apidium cf. parvulum* Gnilovskaja, 1972, *Contexta cf. capitata* Gnilovskaja, 1972, *Halysis cf. moniliformis* Høeg, 1932 и *Girvanella cf. problematica* Nicholson et Etheridge, 1878 (см. таблицу). Эти находки имеют лучшую сохранность сравнительно с другими тачаловскими известковыми водорослями, а также представляют интерес для дальнейшей работы по определению известковых водорослей из разновозрастных отложений территорий, сопредельных с Горным Алтаем. Все указанные остатки обнаружены в одном местонахождении – карбонатной части тектенской свиты разреза «Тачалов».

Далее приведен анализ распределения известковых водорослей по трем условным интервалам их распространения в разрезе, соответствующим поло-

жению здесь крупных, средних и мелких биогермов. В каждом интервале присутствуют остатки цианобактерий (ранее – синезеленых водорослей) и проблематики *Girvanella cf. problematica* Nich. et Ether., а также (в качестве доминантного таксона) *Ortonella* sp. Эти два таксона проходят практически через весь разрез от первой до последней точки. В нижнем интервале (точки 2–10), кроме того, зафиксировано присутствие зеленых, реже красных водорослей. В среднем интервале разреза (точки 11–27) имеются только названные проходящие таксоны и остатки известковых водорослей рода *Proaulopora* Vologdin. Верхний интервал разреза (точки 28–42) характеризуется, наряду с отмеченными проходящими таксонами цианобактерий и проблематики, большим разнообразием остатков известковых водорослей. При сохранении в ней доминирования известковых микропроблематик количество красных водорослей значительно выше, чем зеленых.

Помимо водорослей и результатов жизнедеятельности бактерий, в шлифах отмечались фрагменты члеников криноидей (часто микритизированных почти нацело), реже раковин остракод и брахиопод. Эти организмы являются рифолюбями, и лишь криноидеи могли способствовать укреплению в водной массе каркаса органогенных построек.

Важной особенностью строения изучаемых известняков является радиаксиальный цемент, характерный для рифогенных построек [12]. Он может образовываться на стенках любых организмов, тесно связанных с рифовыми телами, в том числе на талломах и слоевищах простейших растений. Кроме того, единичные образцы (например, в точке б) представляют собой известняки, состоящие исключительно из таких цементов. Скорее всего, цемент осаждался в многочисленных полостях рифогенных построек из морской воды, насыщенной карбонатом кальция. Кроме этого, полости могли заполняться обломочным материалом (интракластами, биокластами и т. д.). Именно так могли сформироваться пакстоуно-вакстоуны и пакстоуны в верхней части разреза. Аналогичные структуры наблюдаются в разрезах нижнекембрийских сибирских, девонских восточноевропейских и палеозойских уральских рифов.

Описание водорослей

Calcified Microproblematica

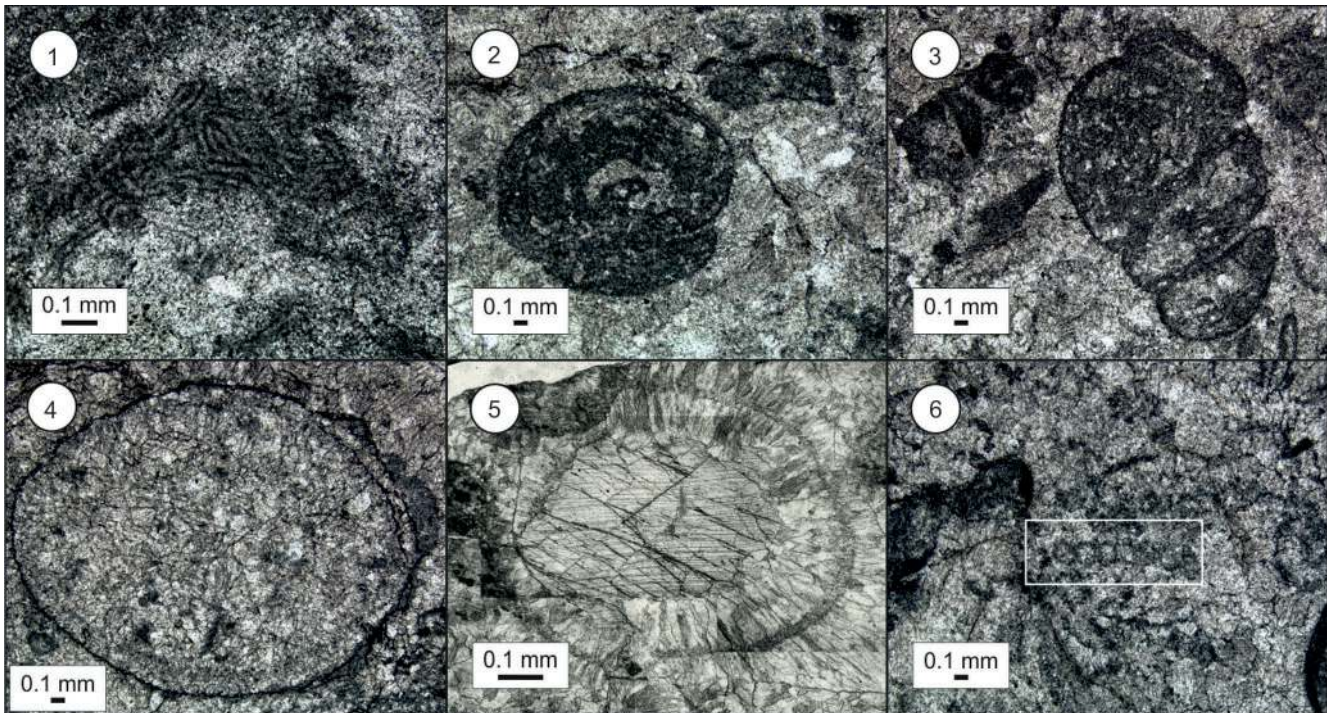
Под *Girvanella* Nicholson et Etheridge, 1878

Girvanella cf. problematica Nicholson et Etheridge, 1878

Таблица, фиг. 1–3

Описание и размеры. Трубочатые нити алтайских форм имеют постоянный диаметр (0,026–0,028 мм), часто и тесно сплетены между собой. Внутренняя полость, в отличие от микритовой оболочки, сложена кристаллами светлого спаритового карбоната.

Замечания. Чаще всего в разрезе «Тачалов» гирванеллы образуют «клубки» нитей, которые



Комплекс палеоальгофлоры разреза «Тачалов» (центральный район Чарышско-Инской СФЗ АССО)

1–3 – *Girvanella* cf. *problematica* Nicholson et Etheridge, 1878 (экз. 2118-4, 1 – точка 39, в форме нитей? 2 – экз. 2118-5, точка 9, в форме клубков; 3 – экз. 2118-5, точка 32, в форме клубков); 4 – *Apidium* cf. *parvulum* Gnilovskaja, 1972 (экз. 2118-1, точка 38); 5 – *Contexta* cf. *capitata* Gnilovskaja, 1972 (экз. 2118-2, точка 4); 6 – *Halysis* cf. *moniliformis* Høeg, 1932 (экз. 2118-3, точка 36)

в процессе диа- и катагенеза могут изменяться. Кроме того, известковый чехол, который оставался после гирванелл, может быть переработан другими организмами (в том числе другими бактериями), в связи с чем микритизированные клубки гирванелл легко перепутать с интракластами микритовых карбонатных пород или с микритизированными члениками иглокожих (особенно криноидей). Различить их можно при больших увеличениях: в измененных гирванеллах наблюдаются реликты нитей, слагающих субизометричные или слабо удлиненные скопления, незаметные при малых увеличениях. От микритизированных члеников криноидей (см. рис. 5, а) микропроблематики отличаются тем, что криноидеи замещены монокристаллом кальцита, который полностью погасает в скрещенных николях поляризационного микроскопа, в то время как чехлы *Girvanella* за счет множества кристалликов карбоната имеют разные погасания.

По размеру диаметра трубок слоевища алтайские формы совпадают с формами видов как *Girvanella* aff. *ducii* Weth., так и *Girvanella problematica* Nicholson et Etheridge, 1878. Однако М. С. Берези и В. А. Лучинина [2] отнесли аналогичные алтайские формы, установленные в Прекордильерах Аргентины, к виду *Girvanella problematica*. Тем не менее подавляющее большинство алтайских находок имеет форму клубков, что затрудняет их точную идентификацию.

Материал. Десятки остатков в виде клубков и нитей плохой сохранности, единичный остаток –

в виде сплетенных трубчатых нитей средней сохранности из 32 точек.

Род *Halysis* Høeg, 1932
Halysis cf. *moniliformis* Høeg, 1932
 Таблица, фиг. 4

Описание и размеры. Обыкновенная часть продольного таллома алтайских форм в поперечном сечении имеет субизометричную форму, близкую к округлой, полую внутри. Длина слоевища 1 мм. Видимый диаметр не более 0,15 мм.

Замечания. У форм вида *Halysis yui* Bian et Liu, 1999 иное строение клеток (овальной формы, расположены друг за другом и ориентированы длинной осью перпендикулярно слоевищу). Авторы работ [2, 13] приводят фотографии с аналогичными экземплярами *Halysis* Høeg, 1932 и определяют их как *Halysis moniliformis* Høeg, 1932. Из-за плохой сохранности изучаемого материала и его единственного экземпляра трудно достоверно установить вид алтайской находки.

Материал. Один экземпляр (точка 36) плохой сохранности

Отдел Chlorophyta Pascher, 1914
 Род *Apidium* Stolley, 1896
Apidium cf. *parvulum* Gnilovskaja, 1972
 Таблица, фиг. 5

Описание и размеры. Изученные алтайские формы в поперечном сечении имеют эллипсоидальную или грушевидную форму, длину до 2,7 мм

и ширину 2,2 мм. Внешняя оболочка толщиной 0,02–0,03 мм состоит из смеси органического материала и глинистого вещества.

Замечания. По своим характеристикам описываемые алтайские формы ближе всего к формам вида *Apidium parvulum* Gnilovskaja, 1972, однако из-за плохой сохранности и малого количества экземпляров трудно достоверно определить видовую принадлежность остатков.

Материал. Два таллома плохой сохранности.

Отдел Rhodophyta Pascher, 1925
Род *Contexta* Gnilovskaja, 1972
Contexta cf. *capitata* Gnilovskaja, 1972
Таблица, фиг. 6

Описание и размеры. Поперечное сечение таллома алтайских форм субизометричной формы диаметром до 7,9 мм. Таллом имеет трехчленное строение: внутренняя часть выполнена монокристаллом кальцита размером 4,5×6,8 мм. Промежуточный слой между внутренней частью и микритовой стенкой представлен радиаксиальным кальцитом. Толщина внешней микритовой стенки 0,3 мм.

Замечания. По форме и строению алтайские формы ближе всего к формам вида *Contexta capitata* Gnilovskaja, 1972, однако у последних более сложное строение гипоталлия. Представители алтайских таксонов по сравнению с другими находками рода *Contexta* Gnilovskaja, 1972 имеют значительно меньшие размеры таллонов. Высокая степень вторичных изменений скрывает признаки, позволяющие достоверно определить вид.

Материал. Один экземпляр плохой сохранности из точки 4.

Выводы

Распределение микрофаций в разрезе «Тачалов» представлено в последовательности (см. рис. 3). В нижней части разреза наряду с доминирующей микрофацией баундстоунов широко развита микрофация мадстоунов; к средней части она сменяется микрофациями вакстоунов и пакстоуно-вакстоунов. Последняя микрофация наиболее широко проявлена в верхней части разреза. Это указывает на закономерное изменение гидродинамических условий при карбонатонакоплении рассматриваемой пачки. Нижняя часть разреза формировалась в относительно спокойных условиях, ниже уровня регулярного и штормового воздействия волн. Большое содержание микрита, многочисленные остатки флоры и фауны, фенестровая структура (в известняках нижней части пачки) – эти параметры также указывают на слабое волнение во время формирования осадка. Вероятно, именно данный фактор позволил образоваться и относительно высоким биогермам (до 5–10 м, диаметр основания до 10 м). В дальнейшем стала проявляться более активная гидродинамика: в средней части разреза

высота биогермов до 1,5–3 м, в верхах разреза – не более 0,3–1,0 м.

В нижней и верхней частях разреза присутствуют представители зеленых (рода *Vermiporella* Stolley) и красных (рода *Contexta* Gnilovskaja) водорослей. Однако если в верхней части (в зоне с более активной гидродинамикой) среди красных водорослей зафиксировано распространение водорослей одного рода (*Contexta* Gnilovskaja), то количество родов зеленых водорослей возрастает. Так, кроме *Vermiporella* Stolley, там встречаются *Palaeoporella* Stolley и *Apidium* Stolley, а к микропроблематикам добавляются *Proaulopora* sp., *Rothpletzella* sp. и *Halysis* cf. *moniliformis* Høeg.

При формировании пакстоуно-вакстоунов и пакстоунов (т. е. при относительно активной гидродинамике) наблюдается большее распространение известковых водорослей. Возможно, что в момент начала формирования крупных биогермов установились спокойные условия с преобладанием скорости роста биогермов над скоростью повышения уровня моря. Судя по материалам разреза «Тачалов», такие условия были комфортны преимущественно для выделяющих известь цианобактерий (синезеленых водорослей). По мере развития палеобассейна уменьшалась его глубина, и в карбонатном комплексе изучаемого разреза над крупными биогермами стали формироваться средние, а затем и мелкие. С уменьшением глубины палеобассейна увеличивалась интенсивность поступления световой энергии и как результат активизация фотосинтеза. Стали активно развиваться зеленые и красные водоросли, большого таксономического разнообразия достигла группа известковых водорослей. Таким образом, в верхнем ордовике Горного Алтая в хирнантском веке наблюдается положительная прямая связь между таксономическим разнообразием альгокомплексов и микрофациями, которые отражают условия карбонатонакопления. Необходимым атрибутом для формирования водорослево-бактериальных баундстоунов разреза «Тачалов» является масштабное присутствие *Girvanella* Nich. et Ether. и *Ortonella* Garwood. При их дефиците каркасостроителями выступают зеленые водоросли рода *Vermiporella* Stolley и красные водоросли рода *Contexta* Gnilovskaja.

Авторы благодарят сотрудников лаборатории палеонтологии и стратиграфии палеозоя ИНГГ СО РАН за помощь в полевых работах и ценные советы при проведении исследований.

Работа выполнена в рамках госзадания РАН по фундаментальным научным исследованиям (проект FWZZ-2022-0003, FWZZ-2022-0007, номер госрегистрации 123011800013-6).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амон Э. О. Палеонтология микрофоссилий (микрорпалеонтология): учебное пособие. – Екатеринбург: УГГУ, 2011. – 520 с.



2. **Берези М. С., Лучинина В. А.** Состав альгофлоры в ордовике Прекордильер Аргентины и ее значение в образовании органогенных структур // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2018. – Т. 26, № 1. – С. 3–17.

3. **Вараксина И. В., Сенников Н. В.** Литология и обстановки формирования карбонатных пород ордовика Горного Алтая и Салаира (Сибирь, Россия) // International Symposium "Palaeogeography and Global Correlation of Ordovician Events" (IGCP 503 Project). Contributions. Novosibirsk, Russia. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2006. – С. 67–71.

4. **Государственная** геологическая карта Российской Федерации м-ба 1:200 000. Изд. второе. Сер. Горно-Алтайская. Лист М-44-VI (Чарышское). Объяснительная записка / Ю. А. Туркин, П. Ф. Селин, Г. Г. Русанов и др. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2019. – 263 с.

5. **Кузнецов В. Г.** Асинхронность развития рифов и рифостроящей биоты. Палеозой // Изв. вузов. Сер. Геология и разведка. – 2020. – № 1, вып. 1. – С. 54–62.

6. **Логвиненко Н. В.** Петрография осадочных пород (с основами методики исследования). – М.: Высшая школа, 1984. – 416 с.

7. **Микросферы** в силуре Горного Алтая: морфология, химический состав, биоминерализация и происхождение / Н. В. Сенников, Н. В. Новожилова, Р. А. Хабибулина, В. А. Лучинина // Палеонт. журн. – 2022. – № 1 – С. 107–116.

8. **Позднеордовикские** и раннесилурийские рифы Горного Алтая – возраст, строение, палеобиоты и палеогеографическое положение / Н. В. Сенников, Р. А. Хабибулина, В. А. Лучинина и др. // Биогеография и эволюционные процессы: матер. LXVI сес. Палеонт. об-ва при РАН. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2020. – С. 153–155.

9. **Рифовые** комплексы Алтайского позднеордовикско-раннесилурийского бассейна – строение, классификация, палеобиоты и палеогеографическое положение / Н. В. Сенников, О. Т. Обут, Р. А. Хабибулина и др. // Геология и геофизика. – 2023. – Т. 3. – С. 352–369.

10. **Уилсон Дж. Л.** Карбонатные фации в геологической истории: пер. с англ. – М.: Недра, 1980. – 463 с.

11. **Фролов В. Т.** Литология. Кн. 3: Учеб. пособие. – М.: МГУ, 1995. – 352 с.

12. **Flügel E.** Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application. Second Edition. – Berlin and Heidelberg: Springer-Verlag, 2010. – 984 p.

13. **Ordovician** sedimentary basins and paleobiotas of the Gornyy Altai / N. V. Sennikov, O. T. Obut, E. V. Lykova, et al. – Novosibirsk: Publishing House of SB RAS, 2019. – 184 p.

14. **Riding R., Fan J.** Ordovician calcified algae and cyanobacteria, northern Tarim Basin subsurface, China // Palaeontology. – 2001. – Vol. 44 (4). – P. 783–810.

REFERENCES

1. Amon E.O. *Paleontologiya mikrofosiliy (mikropaleontologiya): Uchebnoye posobiye* [Paleontology of microfossils (micropaleontology): Textbook]. Yekaterinburg, USMU Publ., 2011. 520 p. (In Russ.).

2. Berezi M.S., Luchinina V.A. [Composition of the Ordovician algaeflora of Argentina Precordillera and its significance for the formation of organic structures]. *Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya – Stratigraphy and Geological Correlation*, 2018, vol. 26, no. 1, pp. 3–17. (In Russ.).

3. Varaksina I.V., Sennikov N.V. [Lithology and formation conditions of Ordovician carbonate rocks of Gornyy Altai and Salair (Siberia, Russia)]. *Mezhdunarodnyy simpozium "Paleogeografiya i globalnaya korrelyatsiya ordovikskikh sobytii", 5–7 avgusta, 2006, Novosibirsk* [International Symposium "Palaeogeography and Global Correlation of Ordovician Events", August 5–7, 2006, Novosibirsk]. Novosibirsk, SB RAS Publ., Geo Branch, 2006, pp. 67–71. (In Russ.).

4. Turkin Yu.A., Selin P.F., Rusanov G.G., et al. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1:200 000. Izdaniye vtoroye. Seriya Gorno-Altayskaya. List M-44-VI (Charyshskoye). Obysnitelnaya zapiska* [State Geological Map of the Russian Federation at the scale of 1:200,000. Second edition. Gornyy Altai series. Sheet M-44-VI (Charyshskoye). Explanatory note]. Saint Petersburg, VSEGEI Publ., 2019. 263 p. (In Russ.).

5. Kuznetsov V.G. [Asynchronous development of reefs and reef-building biota. Paleozoic]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka – Proceedings of Higher Educational Establishments. Geology and Exploration*, 2020, no. 1, pp. 54–62. (In Russ.).

6. Logvinenko N.V. *Petrografiya osadochnykh porod (s osnovami metodiki issledovaniya)* [Sedimentary rocks petrography (with research technique basics)]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1984. 416 p. (In Russ.).

7. Sennikov N.V., Novozhilova N.V., Khabibulina R.A., Luchinina V.A. [Microspheres in the Silurian of the Altai Mountains: morphology, chemical composition, biomineralization, and genesis]. *Paleontologicheskii zhurnal – Paleontological Journal*, 2022, no. 1, pp. 107–116. (In Russ.).

8. Sennikov N.V., Khabibulina R.A., Luchinina V.A., et al. [Late Ordovician and Early Silurian reefs of Gornyy Altai – age, structure, paleobiotas and paleogeographic position]. *Biogeografiya i evolyutsionnyye protsessy. Materialy LXVI sessii Paleontologicheskogo obshchestva pri RAN* [Biogeography and evolutionary processes. Proceedings of the 66th session of the Paleontological Society at the Russian Academy of Sciences]. Saint Petersburg, VSEGEI Publ., 2020, pp. 153–155. (In Russ.).

9. Sennikov N.V., Obut O.T., Khabibulina R.A., et al. Reef complexes of the Late Ordovician – Early Silurian

Altai Basin: Classification, structure, paleobiota, and paleogeography. *Russian Geology and Geophysics*, 2023, vol. 64, no. 3, pp. 270–291.

10. Wilson J.L. *Karbonatnyye fatsii v geologicheskoy istorii* [Carbonate facies in geologic history]. Moscow, Nedra Publ., 1980. 463 p. (In Russ.).

11. Frolov V.T. *Litologiya. Kn.3: uchebnoye posobiye* [Lithology. Book 3: Textbook]. Moscow, MSU Publ., 1995. 352 p. (In Russ.).

12. Flügel E. *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application*. Second Edition. Berlin and Heidelberg Springer-Verlag, 2010. 984 p.

13. Sennikov N.V., Obut O.T., Lykova E.V., et al. Ordovician sedimentary basins and paleobiotas of the Gorny Altai. Novosibirsk, Publishing House of SB RAS, 2019. 184 p.

14. Riding R., Fan J. Ordovician calcified algae and cyanobacteria, northern Tarim Basin subsurface, China. *Palaeontology*, 2001, vol. 44 (4), pp. 783–810.

© И. Г. Закирьянов, В. А. Лучина,
Н. В. Сенников, 2023

ВНИМАНИЕ: ВЫШЛА КНИГА

Е. В. Вишнеvский. Колумб Севера. Николай Николаевич Урванцев



Издательство «Свиньин и сыновья»
ISBN 978-5-98502-250-6
Год издания: 2022
Количество стр.: 494, ил.
Тв. переплет
Формат: 60×90 1/16
Цена: 500 руб.

Николай Николаевич Урванцев – великий русский полярный путешественник, геолог, геодезист, картограф, первооткрыватель крупнейшего в мире Норильского полиметаллического месторождения. Его недаром называли Колумбом Севера, поскольку в составе крошечной экспедиции он исследовал и составил первую подробную карту архипелага Северная Земля, а также нанес на карту и многие другие географические объекты Арктики. Главной целью Н. Н. Урванцева была разведка полезных ископаемых, и во всех своих опасных путешествиях он изучал все возможности для использования открытых им несметных богатства на благо своей страны.

По вопросам приобретения обращаться в издательство:
isvis@mail.ru