

**УНИКАЛЬНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ ПРИГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ БИОТЫ  
В НИЖНЕКЕМБРИЙСКИХ ОСАДОЧНО-ВУЛКАНОГЕННЫХ КОМПЛЕКСАХ  
КЫЗЫЛ-ТАШТЫГСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (Восточная Тува)**

**А.А. Терлеев, В.А. Симонов\*, А.В. Каныгин, Д.А. Токарев, С.И. Ступаков\*, А.В. Котляров\***

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,  
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия*

*\* Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,  
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия*

В осадочно-вулканогенных комплексах раннекембрийского возраста, вмещающих колчеданное месторождение Кызыл-Таштыг (Восточная Тува), выявлены цианобактерии и водоросли, существовавшие в зонах действия гидротермальных рудообразующих систем, близких по своим характеристикам к современным «черным курильщикам» на дне океанов. Наряду с археоциатами и синезелеными водорослями из вмещающих осадочных пород, микрофоссилиями из миндалин базальтов в железисто-кремнистых отложениях и метаосадочных породах установлены также представители цианобактерий, моноциат и спикеры губок. С помощью сканирующего электронного микроскопа и в результате использования минералогических и термобарогеохимических методов реконструированы условия гидротермальной среды обитания.

*Пригидротермальная биота, нижнекембрийские эффузивно-осадочные толщи, Кызыл-Таштыгское колчеданное месторождение, Восточная Тува.*

**UNIQUE LOCATION OF HYDROTHERMAL BIOTA IN THE LOWER CAMBRIAN  
SEDIMENTARY-VOLCANOGENIC COMPLEX OF THE KYZYL-TASHTYG ORE FIELD  
(Eastern Tuva)**

**A.A. Terleev, V.A. Simonov, A.V. Kanygin, D.A. Tokarev, S.I. Stupakov, and A.V. Kotlyarov**

Study of Early Cambrian sedimentary-volcanogenic complexes hosting the Kyzyl-Tashtyg pyrite deposit in Eastern Tuva has revealed cyanobacteria and algae that existed in zones of ore-forming hydrothermal systems similar in characteristics to present-day “black smokers” at ocean bottoms. Along with archaeocyaths and Cyanophyta from the host sedimentary rocks and microfossils from basalt amygdules, various cyanobacteria, monocyatheans, and sponge spicules have been found in ferrosiliceous deposits and metasedimentary rocks. Scanning electron microscopic, mineralogical, and thermobarogeochemical studies helped to reconstruct their hydrothermal environment.

*Hydrothermal biota, Lower Cambrian sedimentary-volcanogenic sequences, Kyzyl-Tashtyg pyrite deposit, Eastern Tuva*

---

**ВВЕДЕНИЕ**

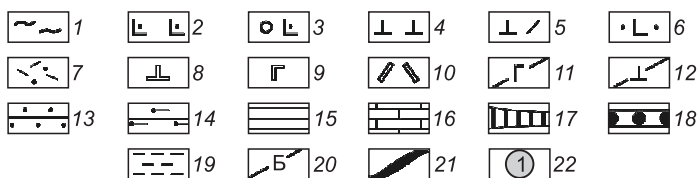
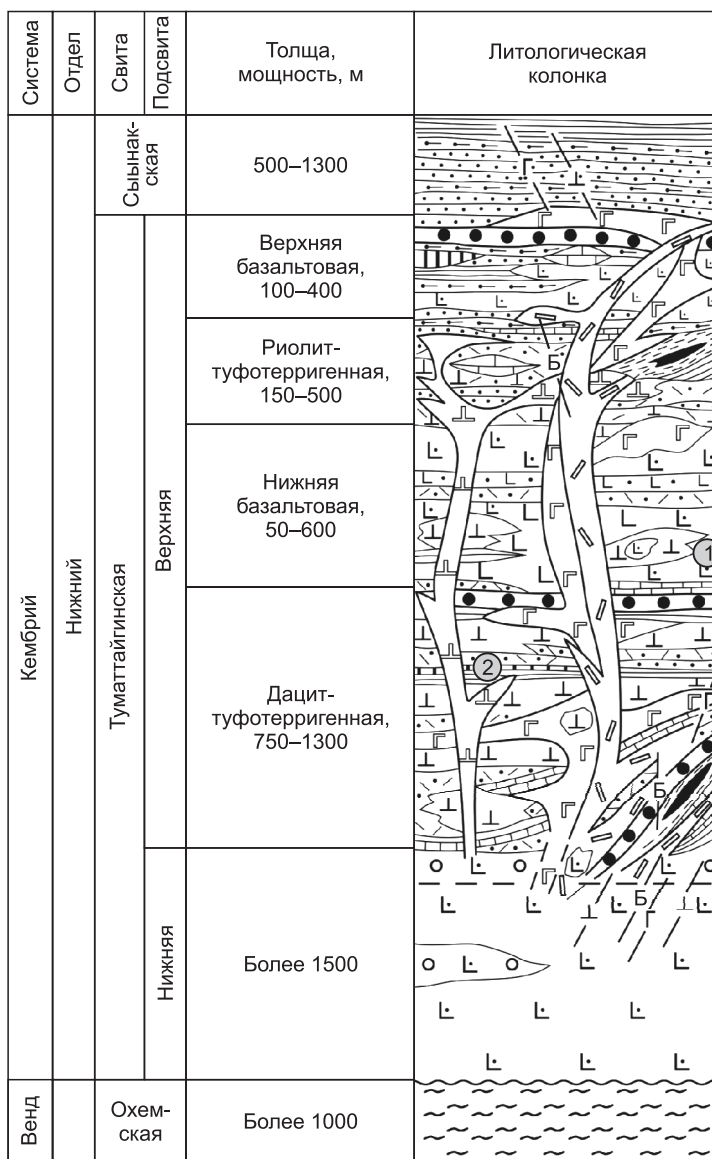
Осадочно-вулканогенный комплекс Кызыл-Таштыгского месторождения Тувы является первым на территории Сибири и древнейшим в мире местонахождением биоты пригидротермального типа (экосистемы «черных курильщиков»), в котором обнаружены следы как гетеротрофных, так и автотрофных организмов. Ранее из вмещающих пород этого колчеданного месторождения были описаны археоциаты и синезеленые водоросли, указывающие на их раннекембрийский возраст. Позднее в базальтах были обнаружены микрофоссилии, аналогичные по всем диагностическим признакам хемотрофным бактериям, рассмотренным в многочисленных публикациях из подобных образований в максимально широком эволюционном диапазоне от архея до современности. Эти данные подтверждают предположение о том, что пригидротермальные экосистемы можно рассматривать как альтернативную модель развития жизни на Земле, в которой стабильные, существенно не менявшиеся с архея физико-химические условия среды и хемотрофная природа первичной продукции были лимитирующими факторами эволюционного прогресса по сравнению с обычными аквальные и наземными экосистемами с фотосинтетической трофической основой, развивавшимися в условиях изменяющейся среды, расширяющегося жизненного пространства (освоение новых биотопов) и нарастающего биоразнообразия автотрофного и гетеротрофного ярусов экосистем [Каныгин, 2002].

**Рис. 1. Местонахождение биоты в литолого-стратиграфическом разрезе Кызыл-Таштыгского рудного поля, по [Кузубный и др., 1990] с дополнениями и изменениями авторов.**

1 — метаморфические сланцы; 2, 3 — базальты, андезибазальты, диабазы: 2 — миндалекаменные, 3 — подушечные; 4 — дациты, риодациты; 5 — риолиты, риодациты; 6, 7 — туфы: 6 — основного, 7 — кислого составов; 8 — субвулканические дациты, риолиты; 9, 10 — субвулканические интрузии диабазов, габбро (9) и риолитовых порфиров, гранит-порфиров (10); 11, 12 — дайки диабазов, микродиоритов (11) и риолитовых порфиров, гранит-порфиров (12); 13 — туффиты; 14 — вулканомиктовые песчаники; 15 — кремнистые сланцы, алевролиты; 16 — известняки; 17 — железисто-кремнистые породы; 18 — рудокласты; 19 — кварциты, кварцсерицитовые гидротермалиты; 20 — баритовые и барит-полиметаллические жилы; 21 — колчеданно-полиметаллические руды; 22 — местонахождение: 1 — базальтов с цианобактериями в миндалехах, 2 — железисто-кремнистых отложений и метаосадочных пород с биотой.

Важными особенностями таких экосистем являются тесная пространственная связь с высокотемпературными гидротермальными источниками в зонах активного вулканизма и сульфидного рудообразования на дне океанов. Такие экосистемы, распространенные локально в виде оазисов с аномально высокой биопродуктивностью, имеют прерывистое кратковременное существование (в масштабе геологического времени), и, как показывают палеонтологические данные, их гетеротрофное население формируется за счет эмигрантов из соседних биотопов.

Исследования на колчеданных месторождениях, формирование которых связывается с действием палеогидротермальных систем на дне древних бассейнов, позволили реконструировать сульфидные холмы с трубами «черных курильщиков». Среди этих структур встречаются оруденелые остатки макрофауны и, как теперь устанавливается, даже следы микробиальных сообществ, позволяющие реконструировать таксономический состав и экологическую структуру ископаемых экосистем пригидротермального типа. По существу, колчеданные месторождения, служившие до открытия в океанах экосистем «черных курильщиков» объектами исследования геологов рудных специализаций, теперь становятся исключительно важным источником информации для изучения путей развития жизни на Земле. Постепенно накапливаются данные об ископаемых сообществах пригидротермального типа палеозойского, мезозойского и кайнозойского возрастов [Haymon et al., 1984; Oudin, Constantinou, 1984;



Зайков и др., 1995; Масленников, 1999; Кузнецов, Масленников, 2000; и др.]. Характерными примерами древнейших пригидротермальных сообществ можно считать местонахождения силурийского и девонского возрастов на Урале, наиболее детально изученные палеонтологическими, геохимическими, петролого-минералогическими и фашиально-литологическими методами [Зайков и др., 1995; Масленников, 2006; и др.]. В то же время вопросы существования и развития биоты в тесной ассоциации с более древними вулканогенно-гидротермальными системами остаются открытыми. В этом отношении представляют большой интерес исследования Кызыл-Таштыгского палеогидротермального поля (Восточная Тува) (рис. 1), сформировавшегося в вулканогенно-осадочных толщах кембрийского возраста [Каныгин и др., 2011; Simonov et al., 2011].

Кызыл-Таштыгское колчеданное месторождение привлекает к себе особое внимание в связи с тем, что по своим структурно-геологическим особенностям и по составу руд оно имеет сходные черты с сульфидными постройками гидротермальных полей на дне современных морских бассейнов [Зайков, 1991, 2006; Симонов и др., 1999; и др.] и пока остается самым древним местонахождением, в котором выявлены как макро-, так и микрофоссилии [Каныгин и др., 2011; Simonov et al., 2011].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Кызыл-Таштыгское месторождение совместно с рудопоявлениями Каровое, Перевальное и другими входит в состав Кызыл-Таштыгского рудного поля. Разрез рудного поля включает вулканогенные комплексы базальтов и риолитов, выше которых залегают терригенно-карбонатные отложения (см. рис. 1). Рудовмещающая туматтайгинская свита состоит из двух толщ. Нижняя имеет мощность более 1500 м, сложена лавами базальтов с горизонтами и пачками вулканокластических брекчий. Состав толщи выдержан по площади, отмечается лишь появление горизонтов пирокластов и известняков в восточной части. Верхняя толща мощностью 1500—2000 м имеет сложный состав и неоднородна по латерали. Набор пород включает базальты, андезибазальты, дациты и риолиты, вулканомиктовые брекчии и туфы соответствующего состава. Осадочные отложения представлены углеродистыми алевролитами, песчаниками, силицитами, известняками [Зайков, 2006].

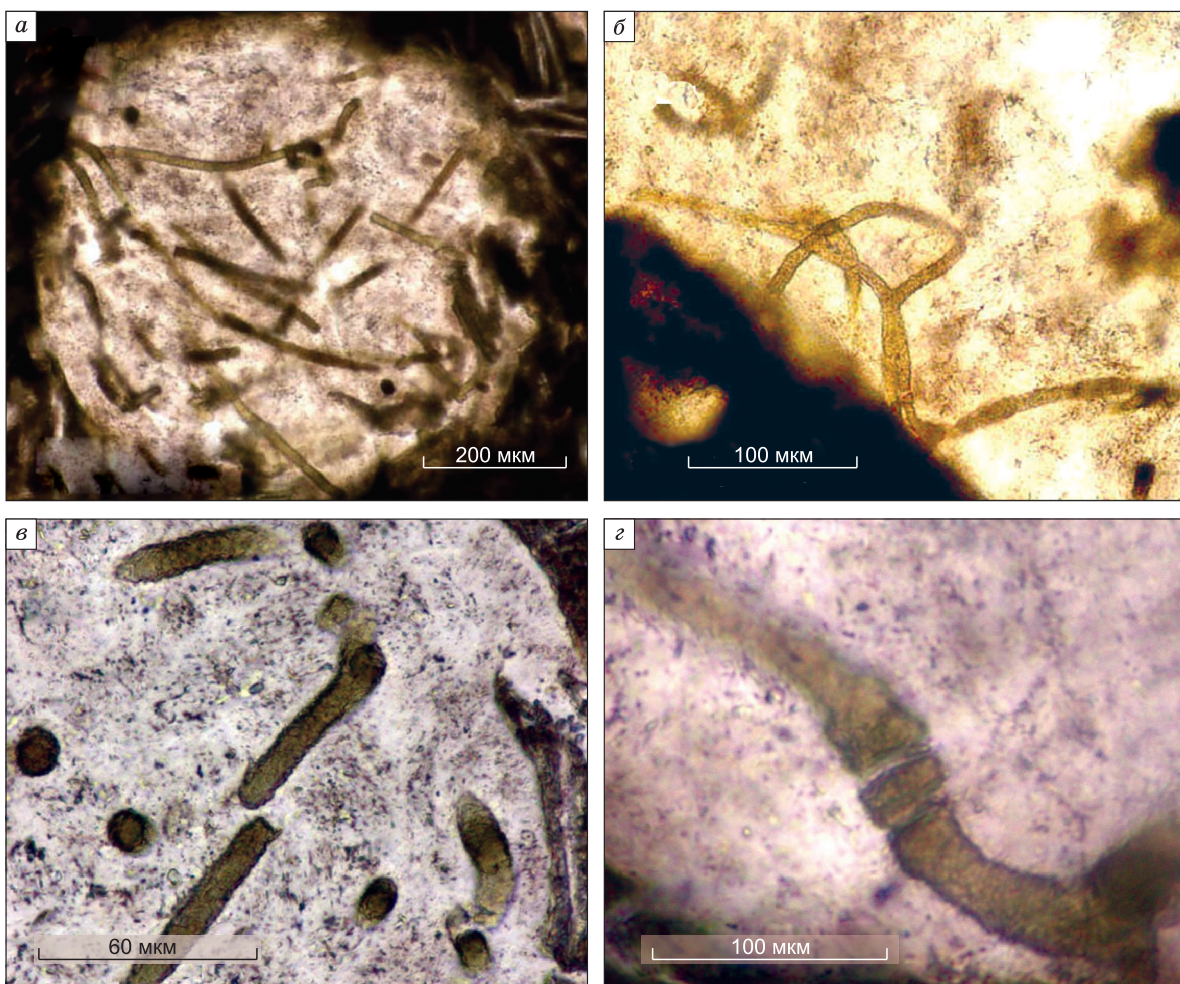
В результате непосредственного изучения разрезов в карьерах и детальных исследований коллекций пород, собранных авторами на этом месторождении в разных микрофациях, были найдены различные по таксономическому составу и условиям захоронения ассоциации. Однотипные микрофоссилии приурочены к базальтовым комплексам, а политаксонные ассоциации связаны с железисто-кремнистыми отложениями и метаосадочными породами.

**Изучение базальтов** из верхней толщи туматтайгинской свиты, где располагается палеогидротермальное поле собственно месторождения Кызыл-Таштыг с промышленными колчеданно-полиметаллическими рудами, показало, что в их миндалинах находятся следы микробных организмов. Обломки рассмотренных базальтов (до 5 см) с миндалинами, в которых располагаются эти остатки, сцементированы материалом карбонатного состава с альбитом. В этом преимущественно карбонатном матрикесе находятся также дезинтегрированные реликты (до 5 мм) интенсивно хлоритизированных и альбитизированных базальтов. Таким образом, судя по этим структурным особенностям и минеральному составу, данные брекчии с обломками миндалекаменных базальтов формировались в активной зоне дробления и проникновения гидротермальных растворов, что указывает на явную связь с рудообразующими гидротермальными системами Кызыл-Таштыгского месторождения.

Степень сохранности фоссилий зависит от характера заполнения миндалины. В случае округлых миндалины (до 1 мм) в базальтовых обломках из гидротермальной брекчии, заполненных микрозернистой серой массой, кристаллитами полевого шпата, эпидота, клиноцоизита, они более многочисленны и лучше сохранились. В миндалинах другого типа, где преобладает карбонат, они более редкие и преобразованы вторичными процессам.

Микрофоссилии коричневатого-зеленого цвета обычно располагаются равномерно по объему миндалины, часто контактируя одним концом с ее границей (рис. 2, *а—з*). Они обладают нитчатыми формами с диаметром микротрубочек от 5 до 25 мкм при длине до 500 мкм. Нити встречаются прямые, изогнутые и переплетающиеся (см. рис. 2, *б*). Видно полое строение трубок и тонкие, более темные стенки (см. рис. 2, *в*). В редких случаях наблюдаются пережимы и «сегментированное» строение нитей (см. рис. 2, *з*), по внешним характеристикам изученные нами микрофоссилии [Каныгин и др., 2011; Simonov et al., 2011] очень близки к описанным ранее микроорганизмам [Furnes et al., 2007].

Анализ на электронном сканирующем микроскопе LEO 1430 VP (ИГМ СО РАН, г. Новосибирск) показал, что серая микрозернистая масса, заполняющая основной объем миндалины, соответствует по химическому составу альбиту. Исследования свидетельствуют о том, что материал, из которого выполнены трубчатые микроорганизмы, по своему химическому составу наиболее близок к эпидоту. Таким образом, миндалины и находящиеся в них организмы выполнены минеральным веществом, формирова-



**Рис. 2.** Цианобактерии рода *Girvanella* Nicholson et Ethridge в миндалинах из базальтов Кызыл-Таштыгского рудного поля.

*a—г* — описание см. в тексте.

ние которого, судя по альбит-эпидотовому составу, явно связано с гидротермальными процессами, воздействовавшими на базальты.

Учитывая микроскопические размеры и простую морфологию трубок микрофоссилий, а также сходство с современными трубчатыми микроорганизмами, их можно условно отнести к *Cyanobacteria* (рода *Girvanella* Nicholson et Ethridge) [Каныгин и др., 2011].

Судя по предыдущим публикациям, микробные организмы, подобные исследованным нами в базальтах из Кызыл-Таштыгского рудного поля, характерны для древних и современных океанов. В частности, трубчатые микроорганизмы описаны в базальтовых стеклах из офиолитов Троодоса (Кипр) и из современной океанической коры [Oudin, Constantinou, 1984; Furnes et al., 2007; Mcloughlin et al., 2007].

Нахождение микроорганизмов в миндалинах базальтов, т.е. в замкнутом пространстве без доступа света, предполагает их вероятную хемотрофную природу. Возможны несколько сценариев появления этих организмов в миндалинах. 1. Проникновение клеток по трещинам и их дальнейшее развитие в миндалинах. 2. При остывании лавы возможен процесс всасывания в пустоты (миндалины) морской воды, с которой попадают и цианобактерии. В настоящее время известно, что цианобактерии могут существовать при температурах свыше 100 °С, т.е. они могут образовываться практически синхронно с формированием миндалин. 3. Вероятна также эндолитическая природа этих организмов, о чем свидетельствуют во многих случаях их контакты со стенками миндалин.

При выборе возможного сценария развития изученных микроорганизмов необходимо учитывать то, что базальты с миндалинами находились в тесной пространственной ассоциации с гидротермальными системами, действовавшими при формировании Кызыл-Таштыгского рудного поля. О влиянии этих гидротерм свидетельствует и характер заполнения миндалин, соответствующий по своему составу ассо-

циации альбит—эпидот. В то же время для большинства базальтов, находящихся вне влияния рудоносных флюидов, типичны миндалины преимущественно с карбонатами.

Исследования флюидных включений показали, что базальты, содержащие микрофоссилии в миндалинах, находились под воздействием гидротермальных растворов (с минимальными температурами 120—180 °С), по составу (NaCl) и солёности (около 3.5 мас. %) соответствующих морской воде. Эти физико-химические параметры близки по своим значениям к характеристикам части гидротермальных систем, формировавших сульфидные руды Кызыл-Таштыгского месторождения [Симонов и др., 1999].

**Исследования железисто-кремнистых отложений и метаосадочных пород**, образцы которых были отобраны в непосредственной близости от главного рудного тела месторождения Кызыл-Таштыг, позволили установить ряд таксономических групп, дополняющих биотическую характеристику пригидротермальных экосистем раннего кембрия.

Железисто-кремнистые отложения в верхней рудовмещающей толще туматтайгинской свиты, где располагается палеогидротермальное поле собственно месторождения Кызыл-Таштыг с промышленными колчеданно-полиметаллическими рудами, сложены красными, красно-бурыми, красно-коричневыми породами гематит-кварцевого состава с однородной, брекчиевидной и пятнистой текстурами. Формирование кварц-гематитовых построек связано с гидротермальной деятельностью на дне палеобассейна, причем при росте этих гидротермальных сооружений и их разрушении окружающие донные илы не были литифицированы [Зайков, 2006].

Среди найденных органических остатков в железисто-кремнистых породах туматтайгинской свиты нижнего кембрия Кызыл-Таштыгского рудного поля выделяются следующие разновидности.

1. Конические кубки размером до 500 мкм в продольном сечении (фототаблица, фиг. 1), в поперечном сечении они имеют округлую, овальную формы диаметром до 400 мкм (см. фототаблицу, фиг. 2, 3, 9). Иногда в поперечном сечении наблюдаются округлые поры (см. фототаблицу, фиг. 9). Морфология и размеры изученных фоссилий позволяют отнести их к моноциатам.

2. Цианобактерии представлены тремя родами: *Renalcis* sp. — облаковидные стяжения с четкой черной оболочкой и звездчатой внутренней структурой, образующие колонии размером до 500 мкм (см. фототаблицу, фиг. 4, 5); *Botomaella* sp. — кустистые ветвящиеся формы высотой до 300 мкм (см. фототаблицу, фиг. 6); *Obruchevella* sp. — нитчатые спиралевидные образования длиной до 500 мкм (см. фототаблицу, фиг. 10).

3. Спиккулы губок отрядов Tetraxonida (см. фототаблицу, фиг. 7) и Hexactinellida (см. фототаблицу, фиг. 8). Размеры спиккул до 300 мкм.

Исследования при большом увеличении на оптическом микроскопе и количественный анализ на электронном сканирующем микроскопе LEO 1430 VP (ИГМ СО РАН, г. Новосибирск) позволили наиболее детально изучить строение и химический состав окаменелых органических остатков, найденных в железисто-кремнистых отложениях и метаосадочных породах Кызыл-Таштыгского месторождения (рис. 3).

Моноциаты кубковидной формы располагаются в мелкосреднезернистом кварц-карбонатном (кальцит) матриксе. Внутренняя полость выполнена кварцем, содержащим очень мелкие (около 1 мкм) флюидные включения, что свидетельствует о гидротермальном происхождении минералов, слагающих рассмотренные микрофоссилии. Стенки моноциат состоят из микрокристалликов гематита, сцементированных микрозернистым кварцем со значительными (до 5.2 мас. %) примесями железа. В центральной части часто наблюдаются непрозрачные зерна (до 10 мкм) сложного состава с преобладанием SiO<sub>2</sub> (до 59.9 мас. %), Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (до 35.6 мас. %) и присутствием серы.

В поперечном сечении (см. рис. 3, а) (диаметром до 350 мкм) отчетливо выделяются темные внешние и внутренние стенки (см. рис. 3, а, точка анализа (т.а.) 4), состоящие из микрозернистого кварца со значительными (до 11.8 мас. %) содержаниями железа, пространство между которыми выполнено более чистым кварцем (т.а. 3). Внутренняя полость заполнена кварцем и кальцитом (т.а. 2, 3) с флюидными включениями, наличие которых свидетельствует о воздействии гидротермальных растворов.

---

### **Фототаблица. Биота в железисто-кремнистых отложениях и метаосадочных породах туматтайгинской свиты нижнего кембрия Кызыл-Таштыгского рудного поля, Восточная Тува.**

Фиг. 1—3, 9 — моноциаты: 1 — продольное сечение, 2, 3, 9 — поперечное сечение, шлиф КЗТ-9.

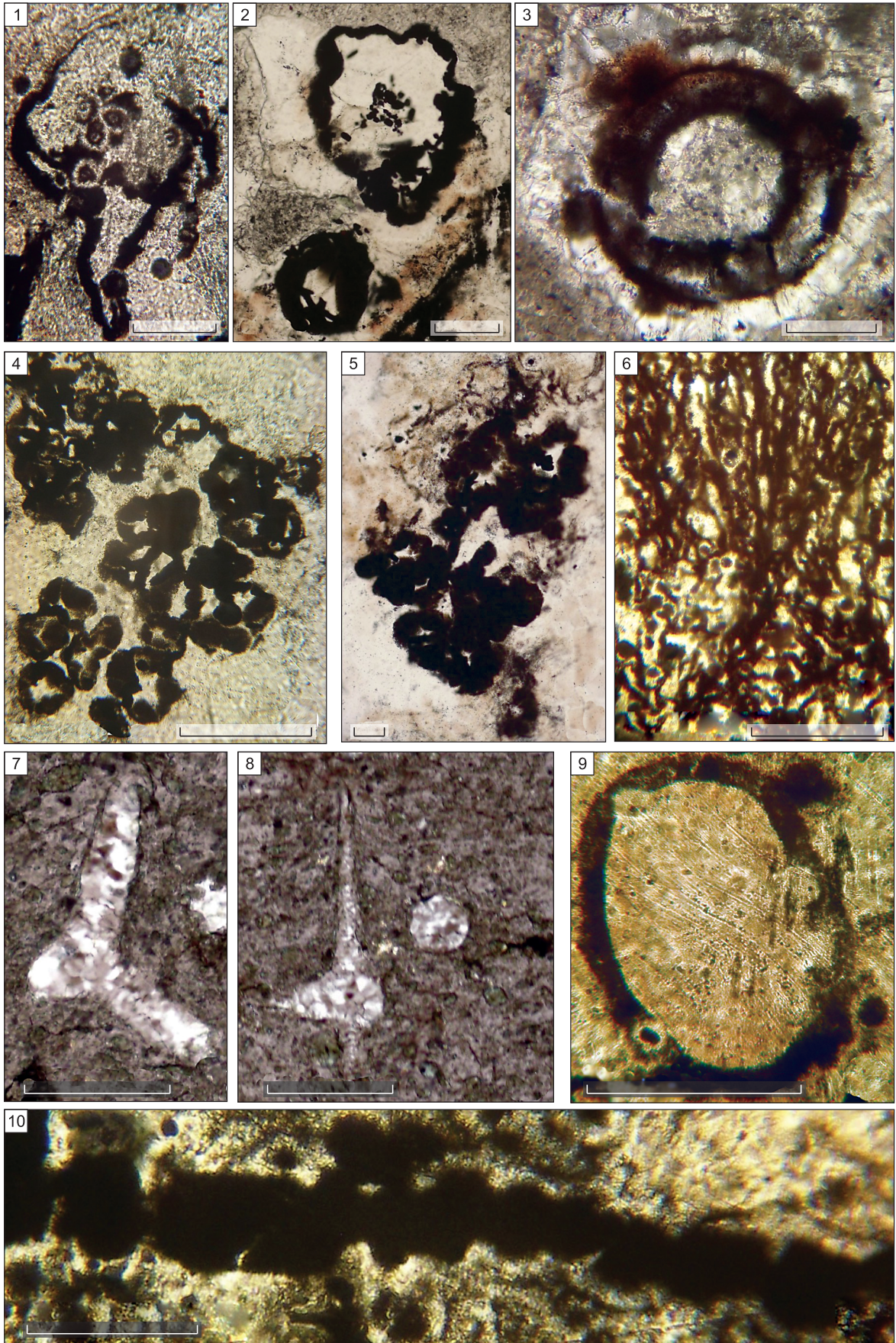
Фиг. 4, 5 — *Renalcis* sp., шлиф КЗТ-9.

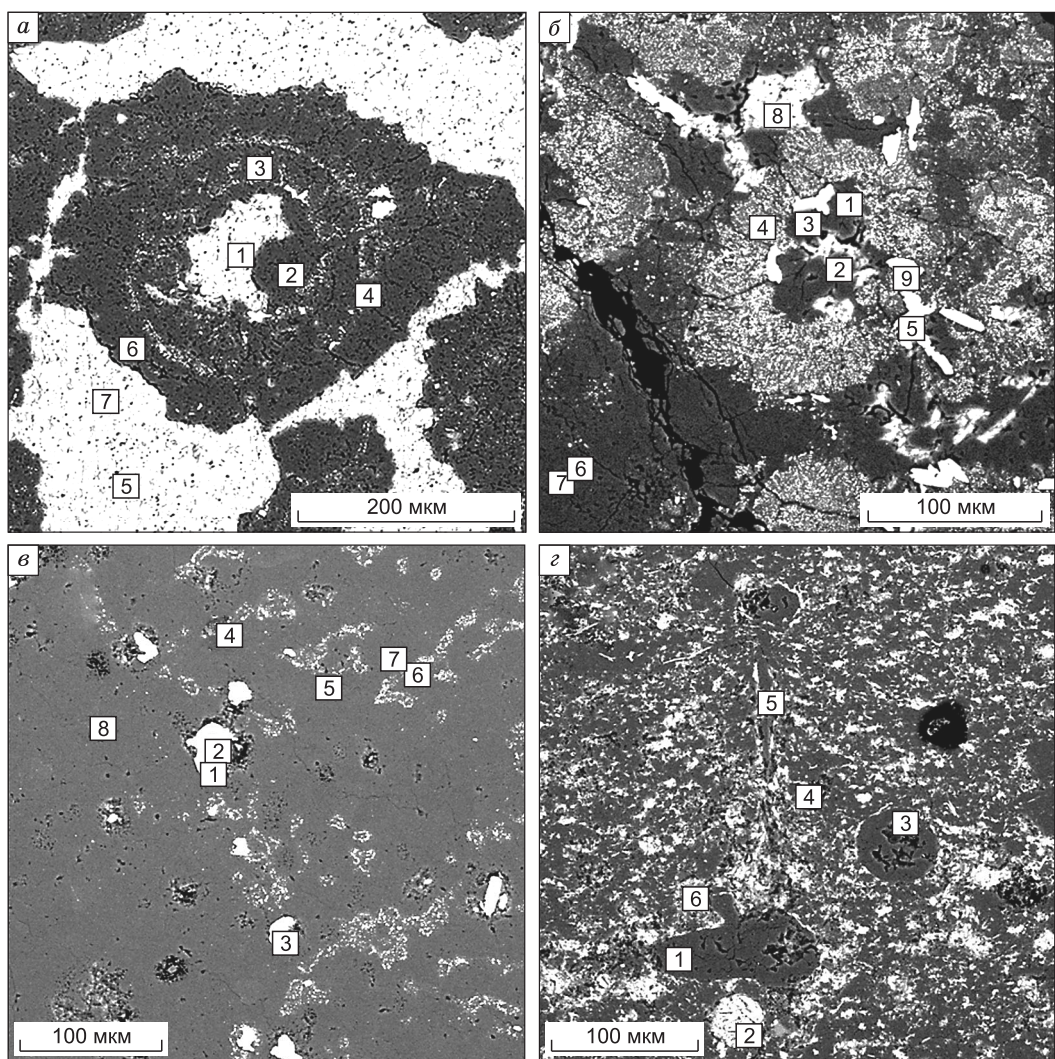
Фиг. 6 — *Botomaella* sp., шлиф КЗТ-9.

Фиг. 7, 8 — спиккулы губок отрядов Tetraxonida (фиг. 7) и Hexactinellida (фиг. 8), шлиф КЗТ-11.

Фиг. 10 — *Obruchevella* sp., шлиф КЗТ-9.

Длина всех линеек — 100 мкм.





**Рис. 3.** Исследования биоты с помощью сканирующего электронного микроскопа в железисто-кремнистых отложениях (а—в) и метаосадочных породах (z) Кызыл-Таштыгского рудного поля.

а — монокристаллы, б — цианобактерии рода *Renalcis* sp., в — цианобактерии рода *Botomaella* sp., z — спикулы губок отряда Нехастинеллида. Цифрами отмечены точки количественных анализов на сканирующем электронном микроскопе.

Колонии цианобактерий рода *Renalcis* sp. (см. рис. 3, б) состоят из облаковидных структур (до 150 мкм), располагающихся в кварц-карбонатном (кальцит) цементе. Темно-красные в проходящем свете стенки сложены в основном микрозернистым кварцем со значительным содержанием (до 10,7 мас. %) железа (см. рис. 3, б, т.а. 4). Присутствует сидерит (т.а. 5, 9). Внутренняя часть выполнена кварцем и кальцитом (т.а. 2, 3).

Цианобактерии рода *Botomaella* sp. (см. рис. 3, в) образуют ветвящиеся формы. Темные переплетающиеся коричнево-бурые нити (толщиной до 20 мкм), сложенные гематитом, иногда с присутствием  $\text{SiO}_2$  до 18,2 мас. % (см. рис. 3, в, т.а. 2, 3), и микрозернистым кварцем со значительными (до 17,5 мас. %) содержаниями железа (т.а. 5), располагаются в кварцевом базисе (т.а. 7, 8).

Спикулы губок отряда Нехастинеллида (см. рис. 3, z) располагаются в мелкозернистой метаосадочной серовато-зеленой породе с элементами слоистости, сложенной зернами хлорита (см. рис. 3, в, т.а. 2, б) и кварца (т.а. 4). Спикулы выполнены кварцем (т.а. 1, 5), содержащим флюидные включения.

Таким образом, проведенные исследования показали значительное разнообразие кембрийской биоты, которая, судя по наличию флюидных включений, находилась в непосредственной ассоциации с рудообразующими системами Кызыл-Таштыгского гидротермального поля.

Учитывая то, что формирование кварц-гематитовых построек связано с гидротермальной деятельностью на дне палеобассейна, причем при росте этих гидротермальных сооружений и их разрушении окружающие донные илы не были литифицированы [Зайков, 2006], то найденная нами в этих породах биота различного состава развивалась в непосредственной близости от гидротермальных источников на дне, покрытом нелитифицированными илами.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Проведенные исследования нижнекембрийских вулканогенно-осадочных толщ, вмещающих колчеданное месторождение Кызыл-Таштыг (Восточная Тува), позволили установить различные типы древней биоты, появление и развитие которой имеет непосредственную связь с действием гидротермальных рудообразующих систем.

В миндалинах из базальтов, находящихся в виде обломков в гидротермальной брекчии, сформировавшейся в активной зоне дробления и проникновения растворов, связанных с рудообразующими гидротермальными системами Кызыл-Таштыгского месторождения, найдены микрофоссилии. Появление и развитие этих цианобактерий в замкнутом пространстве миндалин происходило без доступа света и обусловлено процессами хемосинтеза, при этом источниками энергии и элементов служили гидротермальные растворы.

В железисто-кремнистых отложениях и метаосадочных породах найдены более разнообразные представители биоты, среди которых определены моноциаты, цианобактерии гематитового состава и кварцевые спиккулы губок. Формирование кварц-гематитовых построек также связано с гидротермальными системами Кызыл-Таштыгского месторождения. При этом развитие биоты происходило на поверхности дна палеобассейна среди нелитифицированных осадков.

В статье представлены первые результаты детального палеонтологического изучения древнейших пригидротермальных экосистем, позволившего выявить как макро-, так и микрофоссилии. Дальнейшие исследования на описанном и подобном ему объектам целесообразно дополнить детальным микрофациальным анализом с целью более точной реконструкции зональной структуры сообществ и их пространственной связи с локальными гидротермальными источниками.

Авторы статьи выражают свою благодарность сотрудникам ООО «Лунсин» и ТИКОПР СО РАН за помощь при проведении экспедиционных исследований, а также рецензентам А.М. Станевичу и Б.Н. Шурыгину за конструктивные замечания, учтенные авторами.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 10-05-00953, 11-05-01088, 13-0500034), интеграционного проекта совместных исследований СО РАН и УрО РАН, проекта 28.1 «Биотические события и кризисы в сибирских палеозойских бассейнах (хроностратиграфическое положение, соотношение с седиментационными событиями, региональные проявления)».

## ЛИТЕРАТУРА

- Зайков В.В.** Вулканизм и сульфидные холмы палеоокеанических окраин. М., Наука, 1991, 206 с.
- Зайков В.В.** Вулканизм и сульфидные холмы палеоокеанических окраин: на примере колчеданосных зон Урала и Сибири. М., Наука, 2006, 429 с.
- Зайков В.В., Шадлун Т.Н., Масленников В.В., Бортников Н.С.** Сульфидная залежь Яман-Касы (Южный Урал) — руины древнего «черного курильщика» на дне Уральского палеоокеана // Геология рудных месторождений, 1995, т. 37, № 6, с. 511—529.
- Каныгин А.В., Терлеев А.А., Симонов В.А., Токарев Д.А., Ступаков С.И.** Геологические и палеонтологические свидетельства раннекембрийских экосистем гидротермального типа (пример из колчеданного Кызыл-Таштыгского рудного поля, Тыва) // Вест. ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2011, № 5 (197), с. 7—12.
- Кузбный В.С., Калеев Е.А., Макаров В.А.** Вулканогенно-осадочное оруденение Кызыл-Таштыгского рудного поля Восточной Тувы // Геология рудных месторождений, 1990, № 1, с. 110—117.
- Кузнецов А.П., Масленников В.В.** История гидротермальной фауны океана. М., ВНИРО, 2000, 118 с.
- Масленников В.В.** Седиментогенез, гальмиролиз и экология колчеданосных палеогидротермальных полей (на примере Южного Урала). Научное издание. Миасс, Геотур, 1999, 348 с.
- Масленников В.В.** Литогенез и колчеданообразование. Миасс, ИМин УрО РАН, 2006, 384 с.
- Симонов В.А., Зайков В.В., Ковязин С.В.** Палеогеодинамические условия развития гидротермальных систем Кызыл-Таштыгского месторождения (Восточная Тува) // Металлогения древних и современных океанов. Рудоносность гидротермальных систем. Миасс, Имин УрО РАН, 1999, с. 16—23.



**Furnes H., Banerjee N.R., Staudigel H., Muehlenbachs K., McLoughlin N., de Wit M., van Kranendonk M.** Comparing petrographic signatures of bioalteration in recent to Mesoarchean pillow lavas: Tracing subsurface life in oceanic igneous rocks // *Precam. Res.*, 2007, v. 158, p. 156—176.

**Haymon R.M., Koski R.A., Sinclair C.** Fossils of hydrothermal vent worms from Cretaceous sulphide ores of the Samail ophiolite, Oman // *Science*, 1984, v. 223, p. 1407—1409.

**Kanygin A.V.** Two ways of life development on Earth: evolutionary potential of exogenic (photospheric) and endogenic (hydrothermal) ecosystem // First International Paleontological Congress (IPC 2002), Geological Society of Australia, Abstracts, № 68. 6—10 July, 2002. Macquarie University, N.S.W., Australia, 2002, p. 34—34.

**McLoughlin N., Brasier M.D., Wacey D., Green O.R., Perry R.S.** On biogenicity criteria for endolithic microborings on early Earth and beyond // *Astrobiology*, 2007, v. 7, № 1, p. 11—26.

**Oudin E., Constantinou G.** Black smokers chimney fragments in Cyprus sulphide deposits // *Nature*, 1984, v. 308, p. 349—353.

**Simonov V.A., Terleev A.A., Tokarev D.A., Kanygin A.V., Stupakov S.I.** First microihnofossils find in the Early Cambrian volcano-hydrothermal formation (Kyzyl-Tashtyg pyrite ore field, Tuva, Russia) // III International Conference «Biosphere Origin and Evolution». Rethymno, Crete, Greece/Novosibirsk, 2011, p. 201—202.

*Рекомендована к печати 21 февраля 2013 г.  
Н.В. Сенниковым*

*Поступила в редакцию  
10 октября 2012 г.*