

Реликты придонной фауны в рудах колчеданных месторождений

Дальнейшее изучение древних колчеданных месторождений в различных регионах позволило обнаружить микротекстуры, вероятно, биогенного происхождения, являющиеся разновидностями оболочек оруденелой фауны. Новые находки расширяют список объектов, содержащих реликты биоформ, связанных с гидротермальными источниками – чёрными курильщиками.

Ключевые слова: колчеданные месторождения, биоформы, вестиментиферы, чёрные курильщики.

АВДОНИН ВИКТОР ВАСИЛЬЕВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, профессор, vvavdonin@mail.ru

СЕРГЕЕВА НАТАЛЬЯ ЕВГЕНЬЕВНА, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, старший научный сотрудник, nat45326@yandex.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»

Relics of near-bottom fauna in massive sulfide ores

V. V. AVDONIN, N. E. SERGEEVA

Lomonosov Moscow State University

The additional study of ancient volcanogenic massive sulfide deposits in various regions revealed microtextures, probably of biogenic origin, which could represent varieties of the shells of mineralized fauna. The new finds expand the list of sites containing relics of bioforms associated with hydrothermal vents of "black smokers".

Key words: volcanogenic massive sulfide deposits, bioforms, Vestimentifera, black smokers.

Существенное влияние на развитие представлений о генезисе колчеданных месторождений оказало обнаружение в Мировом океане придонных сульфидных построек. За период изучения океанских гидротермальных сульфидных руд получены материалы, касающиеся закономерностей размещения гидротермальных систем, связи их с подводным вулканизмом, условий и обстановок накопления рудных масс, состава этих образований, особенностей строения и др. Одной из характерных особенностей современных гидротермальных систем является наличие связанных с ними уникальных биоценозов, независимых от солнечной энергии и традиционных источников питания. Среди многовидового сообщества биологических форм особая роль принадлежит вестиментиферам. Обнаружение этих организмов позволило выявить природу органических остатков, нередко наблюдаемых в рудах древних колчеданных месторождений [1].

Ископаемые трубчатые черви были выявлены на многих колчеданных месторождениях Урала, Омана,

Кипра, Ирландии, Новой Каледонии, Филиппин, Калифорнии, Малого Кавказа. Наиболее полные сведения о находках оруденелой фауны собраны на многих месторождениях Урала: Октябрьском, Яман-Касинским (рис. 1), Юбилейном, Сафьяновском и других [5].

В меньшей степени известно о находках такой оруденелой фауны на крупнейшем медно-цинково-колчеданном месторождении Южного Урала – Гайском.

Гайское медноколчеданное месторождение расположено в южной части западного крыла Магнитогорского мегасинклинория Южного Урала, в пределах Тубинско-Гайской структурно-формационной зоны и приурочено к осевой части Гайской вулканокупольной структуры. В геологическом разрезе рудного поля колчеданные залежи располагаются в верхней части андезит-дацит-риолитовой толщи. На месторождении выделяются три залежи: Северная, Средняя и Южная. Северная залежь включает Стержневую линзу и выявленную на глубоких горизонтах Восточную зону.



Рис. 1. Медноколчеданная руда. Фоссилизированная трубка вестиментиферы. Месторождение Яман-Касы. Увел. 0,8

Основными рудообразующими минералами являются: пирит, халькопирит, сфалерит и борнит. Кроме того, присутствуют галенит, халькозин, марказит. Борнитсодержащие руды распространены главным образом в Стержневой линзе, где выделялись борнит-халькопиритовые и борнит-халькопирит-сфалерит-пиритовые их разновидности. В рудных телах Восточной зоны количество медно-цинковых руд значительно ниже; здесь преобладают серно- и медно-колчеданные руды. Для Восточной зоны характерна нормальная зональность: вблизи висячего бока и на выклинивании развиты медно-цинковые руды, в средней части – медноколчеданные, вблизи висячего бока – серно-колчеданные.

В Восточной зоне нами изучены образцы руд (скв. 1843), сложенных халькопирит-пиритовой ассоциацией, на отдельных участках обогащённой сфалеритом и блёклой рудой (теннантитом).

В рудах часто встречаются участки тонкозернистого срастания пирита, иногда с халькопиритом образующие своеобразные «струйчатые» текстуры, подобные, по мнению авторов, биоморфным остаткам – стенкам вестиментифер, замещённым пиритом (рис. 2).

Подобные текстуры сходны с тонкослоистыми, местами расслоенными кутикулярными оболочками вестиментифер, замещённых мелкозернистым пиритом (рис. 3).

Находки оруденелой фауны на колчеданных месторождениях Рудного Алтая отмечаются гораздо реже, что может свидетельствовать, с одной стороны, о разнице в условиях образования (например, о меньшей глубине отложения), с другой, о большей степени метаморфизма руд [3].

Николаевское колчеданно-полиметаллическое месторождение, являющееся одним из крупнейших в этой рудной провинции, расположено в пределах Прииртышской вулкано-тектонической депрессии и локализовано среди пород верхнего франа–нижнего фамена (снегиревская свита). Наиболее крупное Крещенское рудное тело залегает на контакте экструзивного массива риолитов с захороняющими его вулканогенными брекчиями и туфами кислого состава. Низкий уровень метаморфизма руд и вмещающих вулканогенно-осадочных пород верхнего франа–нижнего фамена, слабая их дислоцированность позволяют выявлять здесь разнообразные признаки, отражающие условия рудообразования, текстурно-структурные и минералогические особенности руд месторождения.

В составе рудного тела наиболее развиты мелкозернистые колломорфные и кристаллические медно-цинково-колчеданные руды. Широко представлены обломочные текстуры, причём обломки могут быть разного состава: пиритового, сфалеритового, халькопиритового. Аналогичным составом обладает и цемент, который отличается более мелкообломочным строением. Часто встречаются слоистые структуры.

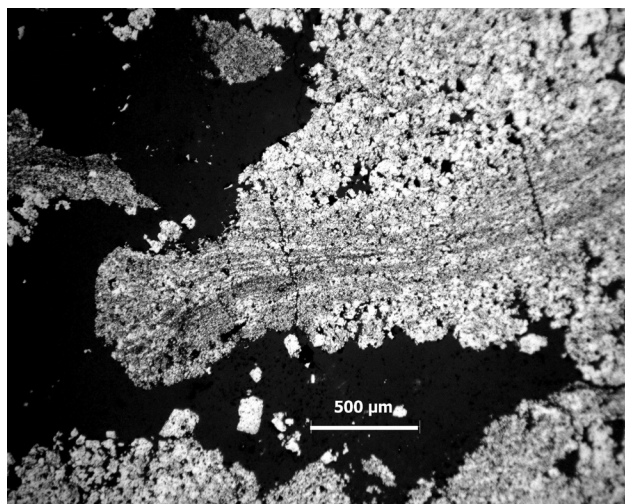


Рис. 2. Тонкозернистые срастания пирита, иногда с халькопиритом, образующие своеобразные «струйчатые» текстуры, напоминающие биоморфные остатки (стенки вестиментифер, замещённых пиритом). Аншлиф протравлен HNO_3

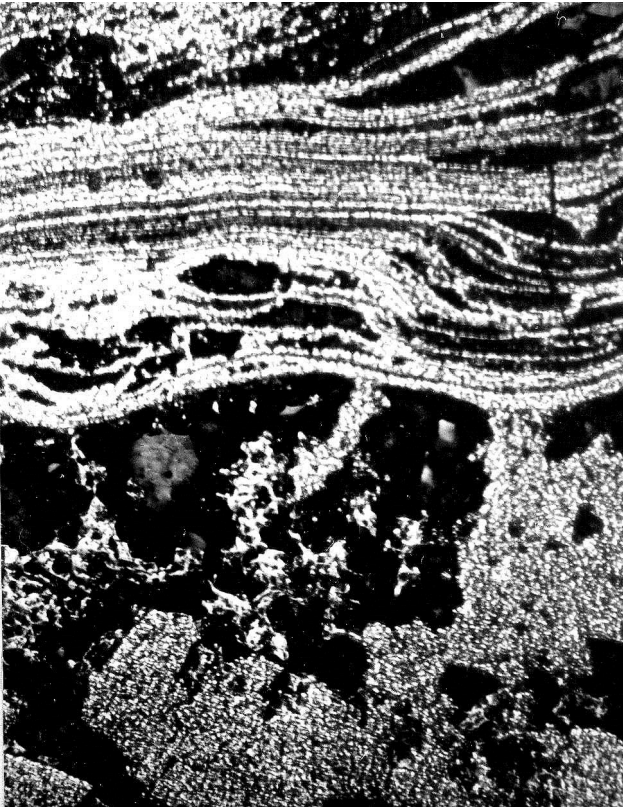


Рис. 3. Замещение пиритом тонкослоистых, местами расчлененных кутикулярных оболочек вестиментифер (А, Б), аншлифы, $\times 48$. Образец из руд курильщико́в района 13° с.ш. ВТП

Слои, имея приблизительно одинаковый минеральный состав, отличаются в основном по размеру обломков.

Интерес представляют недавно обнаруженные микротекстуры, вероятно, биогенного происхождения, являющиеся разновидностями оболочек оруденелой фауны. Это фрагменты полосчатых микротекстур, сформированных мелкозернистым пиритом с халькопиритом и блёклой рудой. Они образованы срастаниями этих минералов округлой, эллипсоидальной формы (рис. 4).

Можно предположить, что такой текстурный рисунок сульфидных руд обусловлен замещением трубчатых образований вестиментифер [2].

Внимание исследователей Николаевского месторождения уже давно было обращено на наличие в рудах значительного количества сульфата свинца – англе́зита, который образует либо мелкозернистый агрегат, либо более крупные ксеноморфные выделения (размеры зёрен от 0,001 до 0,1 мм). Реже он представлен в виде правильных идиоморфных кристаллов до 0,2 мм. В рудах обломочной текстуры

зёрна англе́зита наряду с выделениями сульфидов встречаются среди мелкообломочной части.

Как правило, англе́зит находится в тесной ассоциации с баритом, встречаясь в срастаниях с ним в различных количественных соотношениях, нередко содержит его включения.

Проведённые исследования современных металлоносных отложений на дне океана указывают на большую роль в них сульфатов (барита, гипса, ангидрита); в ряде случаев образуются целые сульфидно-сульфатные трубки. Наличие англе́зита описано в составе гидротермальной минерализации в месторождении Джейд в трогге Окинава, которое рассматривается как современный аналог древних колчеданных месторождений типа Куроко. Можно полагать, что похожая ассоциация англе́зита с баритом, халцедоном в рудах Николаевского месторождения также имеет гидротермальную природу и образована в подводных условиях.

Факт обнаружения в рудах Николаевского месторождения биоценоза, аналогичного современным гидротермальным системам, и широкое развитие сульфатов, имеющих первичную природу, свидетельствуют о том, что обстановка формирования колчеданных руд Николаевского месторождения была близка обстановке функционирования чёрных курильщико́в.

Подобные находки сделаны нами в другом регионе Рудного Алтая. Лениногорский рудный район расположен в восточной краевой части Рудного Алтая. Месторождения Лениногорского района, как

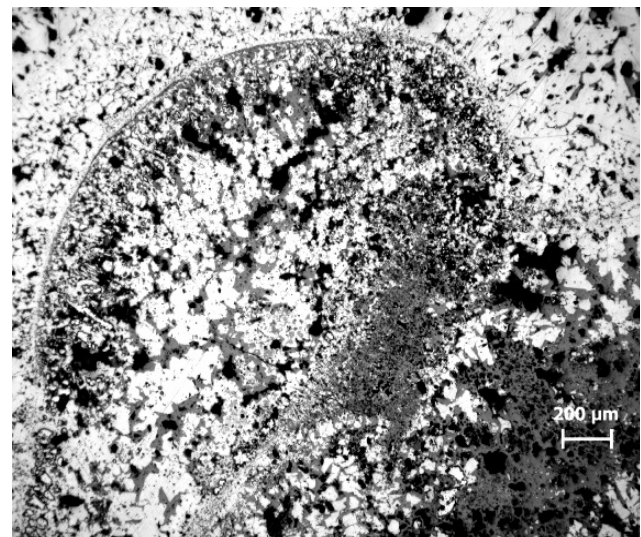


Рис. 4. Биоморфные микротекстуры, сложенные агрегатами пирита, сфалерита и халькопирита. Полированный шлиф. Образец 103

и всего Рудного Алтая, относятся к семейству колчеданных рудных формаций. Вулканизм в пределах Лениногорского горнорудного района проявился в виде двух антидромных циклов: эмс-раннеэфельского и позднеэфельского–живетского [6].

В строении Лениногорского района выделяют (снизу вверх): заводская (S_2-D_1zv), лениногорская (D_1e_1ln), крюковская (D_1e_2kr), ильинская ($D_1e_2-D_2efil$), сокольная (D_2efsk), успенская (D_2ef-D_2gvus) и белоубинская (D_2gv-D_3frbl) свиты. Самая нижняя заводская свита сложена слабометаморфизованными толщами терригенно-карбонатных пород. Выше разрез представлен кислыми вулканитами (игнимбритами, реже лавами и их туфами), алевропелитами лениногорской свиты.

Крюковская свита существенно осадочная, ильинская состоит из лав, реже туфов базальтового состава, туффитов, алевропелитов, яшмоидов, редко известняков, сокольная сложена в основном терригенными породами. В успенской свите преобладают эффузивно-пирокластические породы кислого состава. В верхних частях свиты присутствуют лавы и туфы основного состава. Белоубинская свита образована мощными флишоидными отложениями.

Месторождения Лениногорского рудного поля Риддер-Сокольное, Ново-Лениногорское, Долинное и другие занимают стратиграфический уровень крюковской свиты. Месторождения приурочены к купольным структурам, сложенным гидротермально-осадочными кварцитами, которые в верхней части сменяются хлоритолитами и серицитолитами. В момент рудообразования они представляли собой холмы размером 500–700 м и высотой 100–200 м, располагавшиеся вдоль синвулканических разломов. В процессе рудообразования рудные холмы подвергались разрушению, у их подножия и на склонах образовывались шлейфы рудокластов и линзы слоистых обломочных руд.

Ильинская свита ($D_1e_2-D_2efil$) распространена практически повсеместно. Выходы пород отмечаются в пределах Риддер-Сокольного месторождения, Бахрушинской залежи и на южном фланге рудного поля. Особенностью свиты является резко выраженная фациальная изменчивость вмещающих отложений и невыдержанность мощностей. Преимущественным развитием в разрезе свиты пользуются туфогенно-осадочные отложения, а на восточном фланге поля – кремнисто-гидрослюдистые. Для пирокластических и грубообломочных осадочно-туфогенных образований характерно отсутствие сортировки и слоистости в отличие от вулканомиктовых и мелкообломочных разновидностей пород. Мощность свиты колеблется в широких пределах от 10 до 500 м, при этом максимальные значения фиксиру-

ются на южном и юго-восточном флангах поля, минимальные – на отдельных участках Риддер-Сокольного месторождения и на юго-западе площади. Рудовмещающей свиты является лишь на восточном фланге рудного поля, где известны колчеданно-полиметаллические руды залежи Западной Ново-Лениногорского месторождения.

Сокольная свита (D_2efsk) завершает разрез девонских отложений. Выходы пород свиты в пределах рудного поля наблюдаются практически повсеместно. Она согласно залегает на отложениях ильинской свиты и сложена главным образом слоистыми углито-глинистыми, известковисто-углито-глинистыми алевролитами и алевропелитами с относительно редкими и маломощными (до 5–30 м), тяготеющими к низам разреза свиты прослоями песчаников, туфопесчаников, реже пеперитов, гравелитов и иногда туфов кислого состава.

Авторы изучили скв. 2061, расположенную на Лениногорском рудном поле, на участке между Лениногорским и Риддер-Сокольным месторождениями. Разрез слагают в основном породы предположительно ильинской свиты. В верхней части изученного разреза наблюдается переслаивание алевролитов с баритовыми рудами, содержащими округлые, похожие на конкреционные образования пиритовых руд. Однако при более детальном изучении эти образования можно сопоставить с реликтами оруденелой фауны (вестиментифер и других полихет), замещённых агрегатами пирита, халькопирита и сфалерита, для которых характерны овальные, округлые формы выделений, тонкослоистого строения (рис. 5).

Таким образом, наличие в разрезе баритовых руд, а также гидротермально-осадочных пород (хлоритолитов с карбонатными оолитами) позволяет сопоставить данную минерализацию с основными крупными месторождениями рудного поля.

Наконец, авторами были описаны находки оруденелой фауны совсем в другом регионе. Это золото-медноколчеданное месторождение Челопеч (Республика Болгария), которое находится в Панагюрской металлогенической провинции в Центральной части Среднегорской структурной зоны [4]. Фундамент Среднегорья в этой части представлен докембрийским кристаллическим комплексом родопского типа (гранитогнейсы), прорванный палеозойскими гранитами и перекрытый 4 магматическими и осадочными отложениями мелового возраста.

Рудовмещающие породы месторождения Челопеч – вулканогенные гидротермально изменённые лавы и туфы андезитового и дацитового составов. По типу месторождение определяется исследователями как медно-полиметаллическое железосульфидное гидротермально-метасоматическое.

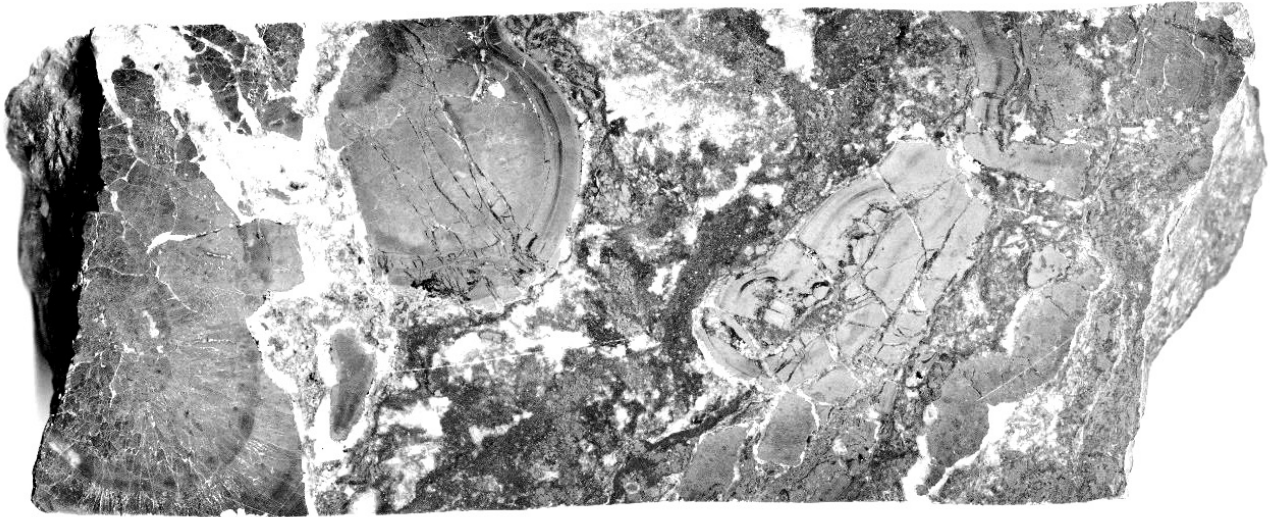


Рис. 5. Округлые и эллипсоидальные образования, сложенные в основном пиритом, брекчированные баритом. Обр. 2061/511. Увел. 0,5

Рудные тела локализованы в верхнемеловых породах, в непосредственной близости от секущих субвулканических тел. Наиболее распространёнными являются линзовидные рудные тела. Длина залежей по простиранию и падению составляет 150–400 м, мощность 20–120 м.

Трубообразные рудные тела встречаются самостоятельно на периферийных участках основных залежей. Их размеры в плане: длина 50–60 м и ширина 20–30 м. По падению рудные тела прослеживаются на 50–300 м.

Границы залежей постепенные и устанавливаются опробованием. Основная масса руд представлена прожилково-вкрапленным медноколчеданным типом. На месторождении выделена отчётливая зональность гидротермально-метасоматических изменений пород. По мере удаления от сульфидных залежей происходит смена зоны окварцевания и серицитизации на зону хлоритизации, эпидотизации и альбитизации. Повсеместно распространена пиритовая вкрапленность.

Состав руд характеризуется большим разнообразием. В них установлено 48 минералов. Руды содержат большой спектр элементов-примесей. Наиболее характерными среди них являются Au, Ag, Ge, Ga, Sn, Bi, Te, V, Ti, Co, Cr. Выявляется довольно чёткая вертикальная и горизонтальная зональность. В верхней части руды состоят в основном из халькопирита, теннантита и пирита. Халькопирит и теннантит встречаются приблизительно в равных количествах, но нередко теннантит преобладает. Ниже они постепенно переходят в люционит-энаргит-

пиритовые руды, в которых теннантит и халькопирит имеют подчинённое распространение. В некоторых участках на глубине эти руды переходят в борнит-пиритовые, которые в общей массе имеют подчинённое значение.

Медные руды в верхней части залежей сменяются свинцово-цинковыми, сложенными главным образом сфалеритом, галенитом и пиритом. Медные руды и расположенные в непосредственной близости с ними свинцово-цинковые тела сопровождаются наиболее интенсивным изменением пород с преобладающим развитием окварцевания и серицитизации. Главная часть свинцово-цинковой и баритовой минерализации развита среди умеренно изменённых туфов и субвулканических андезитов.

Изученный нами образец характеризуется пирит-халькопиритовым составом. Обнаруженные микротекстуры имеют, по-видимому, биогенное происхождение и являются разновидностями оболочек оруденелой фауны. Это округлые, похожие на конкреционные, образования халькопирит-пиритовых руд (рис. 6, А), а также фрагменты полосчатых микротекстур, сформированных мелкозернистым пиритом с халькопиритом и блёклой рудой (см. рис. 6, Б).

Вероятно, эти образования можно сопоставить с реликтами оруденелой фауны (вестиментифер и других полихет), замещённых агрегатами пирита, халькопирита и сфалерита, для которых характерны овальные, округлые формы выделений, тонкослоистого строения. Факт обнаружения в рудах месторождения Челопеч биоценоза, аналогичного современным

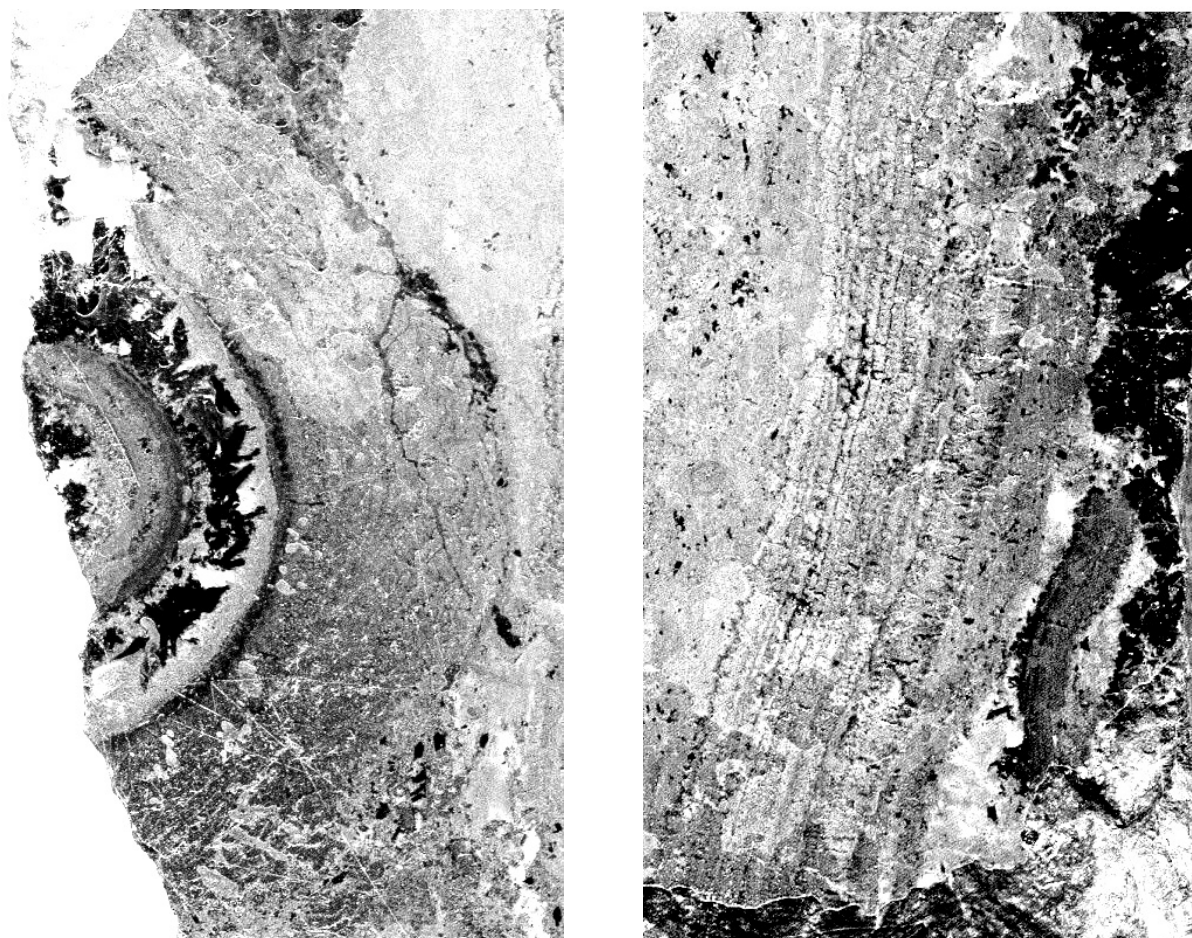


Рис. 6. Округлые образования – реликты поперечного среза вестиментифер (А); фрагменты стенок вестиментифер тонко-слоистого строения, замещённых пиритом и халькопиритом (Б). Пришлифовка

гидротермальным системам, свидетельствует о том, что обстановка формирования колчеданных руд месторождения была близка обстановке функционирования чёрных курильщиков.

Таким образом, дальнейшее изучение древних колчеданных месторождений позволяет расширять список объектов, содержащих реликты биоформ, связанных с гидротермальными источниками курильщиков. Отсутствие подобных реликтов часто свидетельствует только о недоизученности данных месторождений. Расширение списка месторождений с обнаруженным биоценозом, по существу аналогичного современным гидротермальным системам, усиливает позиции исследователей, придерживающихся теории о том, что обстановки формирования колчеданных руд были близки обстановкам функционирования чёрных курильщиков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Авдонин В. В.* Аналогии черных курильщиков в рудах колчеданных месторождений // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. – 1995. – С. 50–55.
2. *Авдонин В. В., Дергачев А. Л., Сереева Н. Е.* Реликты гидротермальных построек на колчеданно-полиметаллических месторождениях Рудного Алтая // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. – 1993. – № 4. – С. 48–55.
3. *Авдонин В. В., Сереева Н. Е.* Реликты черных курильщиков в колчеданных рудах Николаевского месторождения на Рудном Алтае // Проблемы современных интеграционных процессов и пути их решения. – Омега Сайнс, 2016. – Т. 2. – С. 17–20.
4. *Владимиров В. Д., Попов П. Н., Бакырджиев С. Д.* Структурная модель полиформационного Челопечского

меднорудного поля (НРБ) // Геология рудных месторождений. – 1983. – № 5. – С. 12–15.

5. Масленников В. В. Литогенез и колчеданообразование. – Миасс: ИМинУрО РАН, 2006. – 384 с.
6. Январев Г. С., Кудряшев А. М., Олейник Ю. Ф., Трубников Л. М. Ново-Ленинское колчеданно-полиметаллическое месторождение на Рудном Алтае // Геология рудных месторождений. – 1984. – № 4. – С. 14–26.

REFERENCES

1. Avdonin V. V. Analogi chernykh kuril'shchikov v rudakh kolchedannykh mestorozhdeniy [Analogues of black smokers in the ores of pyrite deposits]. Vestnik Moskovskogo universiteta, Seriya 4, Geologiya, 1995, P. 50–55. (In Russ.).
2. Avdonin V. V., Dergachev A. L., Sereyeva N. Ye. Relikty gidrotermal'nykh postroyek na kolchedanno-poli-metallicheskih mestorozhdeniyakh Rudnogo Altaya [Relics of hydrothermal structures at the pyrite-polymetallic deposits of Rudny Altai]. Vestnik Moskovskogo universiteta, Seriya 4, Geologiya, 1993, No. 4, P. 48–55. (In Russ.).
3. Avdonin V. V., Sergeeva N. Ye. Relikty chernykh kuril'shchikov v kolchedannykh rudakh Nikolayevskogo mestorozhdeniya na Rudnom Altaye [Relics of black smokers in the pyrite ores of the Nikolaevsky deposit in Rudny Altai]. Problemy sovremennykh integratsionnykh protsessov i puti ikh resheniya, Omega Sayns publ., 2016, V. 2, P. 17–20. (In Russ.).
4. Vladimirov V. D., Popov P. N., Bakyrzhiyev S. D. Strukturnaya model poliformatsionnogo Chelopechskogo mednорudnogo polya (NRB) [Structural model of the polyformational Chelopech copper ore field (NRB)]. Geologiya rudnykh mestorozhdeniy, 1983, No. 5, P. 12–15. (In Russ.).
5. Maslennikov V. V. Litogenez i kolchedanoobrazovaniye [Lithogenesis and pyrite formation], Miass, IMinUrO RAN publ., 2006, 384 p. (In Russ.).
6. Yanvarev G. S., Kudryashev A. M., Oleynik Yu. F., Trubnikov L. M. Novo-Leninogorskoye kolchedanno-poli-metallicheskoeye mestorozhdeniye na Rudnom Altaye [Novo-Leninogorsk pyrite-polymetallic deposit in Rudny Altai]. Geologiya rudnykh mestorozhdeniy, 1984, No. 4, P. 14–26. (In Russ.).

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Плата с авторов за публикацию (в том числе с аспирантов) не взимается. Гонорар не выплачивается. Автор, подписывая статью и направляя ее в редакцию, тем самым предоставляет редакции право на её опубликование в журнале и размещение в сети «Интернет». Направление в редакцию работ, опубликованных ранее или намеченных к публикациям в других изданиях, не допускается.