

## МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРВЫХ НАХОДОК ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ТРУБ ПАЛЕОЗОЙСКИХ «КУРИЛЬЩИКОВ» В РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ РУДНОГО АЛТАЯ

*В рудах Захаровского колчеданно-полиметаллического месторождения на Рудном Алтае впервые обнаружены образования, которые по составу и морфологии могут быть идентифицированы как фрагменты палеогидротермальных труб – так называемых «курильщиков». Трубки диаметром 3–5 см имеют зональное строение и сложены пиритом и халькопиритом с примесью галенита и сфалерита, каналы выполнены сульфидами в ассоциации с баритом. Находки трубок подтверждают предположения о вулканогенно-осадочной природе оруденения.*

*Ключевые слова: Рудный Алтай, колчеданно-полиметаллические, палеогидротермальные трубы, «курильщики».*

Среди месторождений колчеданного семейства выделяются два главных геолого-генетических типа, для которых установлены современные аналоги [8]. К первому относятся эксгальционно-осадочные месторождения (SEDEX), сформированные при участии металлоносных рассолов в бассейнах с терригенным и терригенно-карбонатным заполнением при незначительном развитии вулкаников. Для них характерны пластообразная форма рудных тел, тонкая ритмичная слоистость руд, ассоциация с чёрными сланцами и Mg-Fe карбонатами, присутствие высокоминерализованных рассолов во флюидных включениях. Практически полными аналогами этих месторождений считаются залежи металлоносных рассолов и сульфидных осадков, выявленные во впадинах Красного моря.

Колчеданно-полиметаллические месторождения второго типа (VMS) тесно связаны с проявлениями вулканизма и образовались в результате поступления высокотемпературных гидротермальных растворов на дно палеобассейна вблизи вулканических центров. Согласно существующим представлениям, современными аналогами таких колчеданноносных систем служат «курильщики» – трубообразные постройки, растущие на дне современных океанов и поставляющие в воду дисперсные минеральные частицы, так называемые «дымы». По составу «курильщики» разделяются на «чёрные» – сульфидные, «белые» – кремнисто-сульфатные и «серые» – сульфидно-ангидрит-баритовые [9].

На образование древних колчеданных руд по механизму «курильщиков» указывают холмообразная форма рудных залежей, широкое развитие брекчиевых, градационно-слоистых и других подобных текстурных форм [1, 2, 5, 6], возникших за счёт продуктов разрушения «курильщика», а также осаждения дисперсного рудного вещества из восходящих плюмов. На удалении от «куриль-



**Кузнецова  
Светлана Владимировна**

кандидат геолого-минералогических наук  
научный сотрудник  
sfa72@rambler.ru

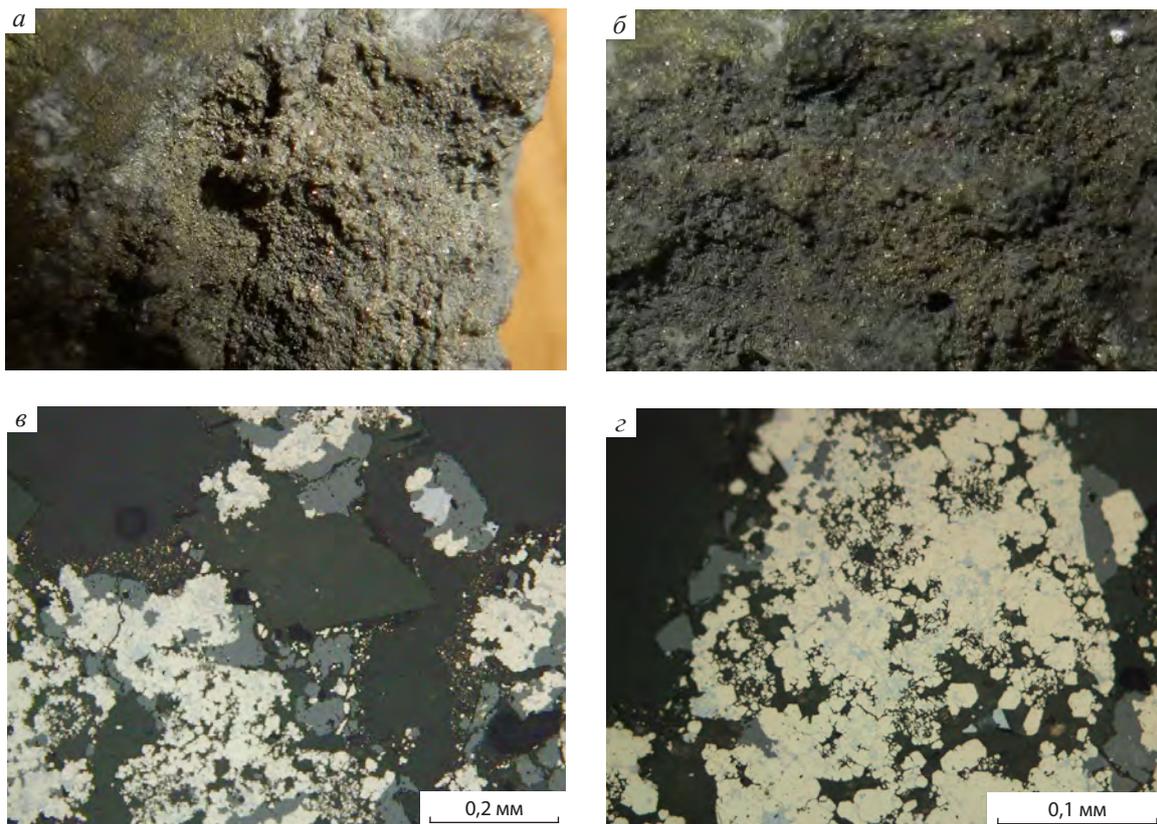
ФГБУ Центральный  
научно-исследовательский  
геологоразведочный институт  
цветных и благородных металлов,  
г. Москва





**Рис. 1. ВНЕШНИЙ ВИД ПАЛЕОГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ТРУБ (фото штуфов):**

*a, б* – из руд Захаровского месторождения, Рудный Алтай; *в* – из руд месторождения Яман-Касы, Южный Урал, по В.В.Масленникову [7]



**Рис. 2. ПОРИСТЫЕ СУЛЬФИДЫ ОСЕВОГО КАНАЛА (*a, б* – фото штуфа, *в, г* – фото аншлифа):**

*a* – ув. х3,5; *б* – ув. х6; *в* – крупные кристаллы барита (тёмно-серый) нарастают на галенит-сфалерит-пиритовые выделения; *г* – тонкозернистый, глобулярный и почковидный пирит в тесном прорастании с галенитом, по краям выделений оторочка сфалерита (белый – пирит, голубой – галенит, серый – сфалерит, тёмно-серый – барит)

щиков» из материала «дымов» (плюмов нейтральной плавучести) могли формироваться дистальные рудные залежи [4, 9].

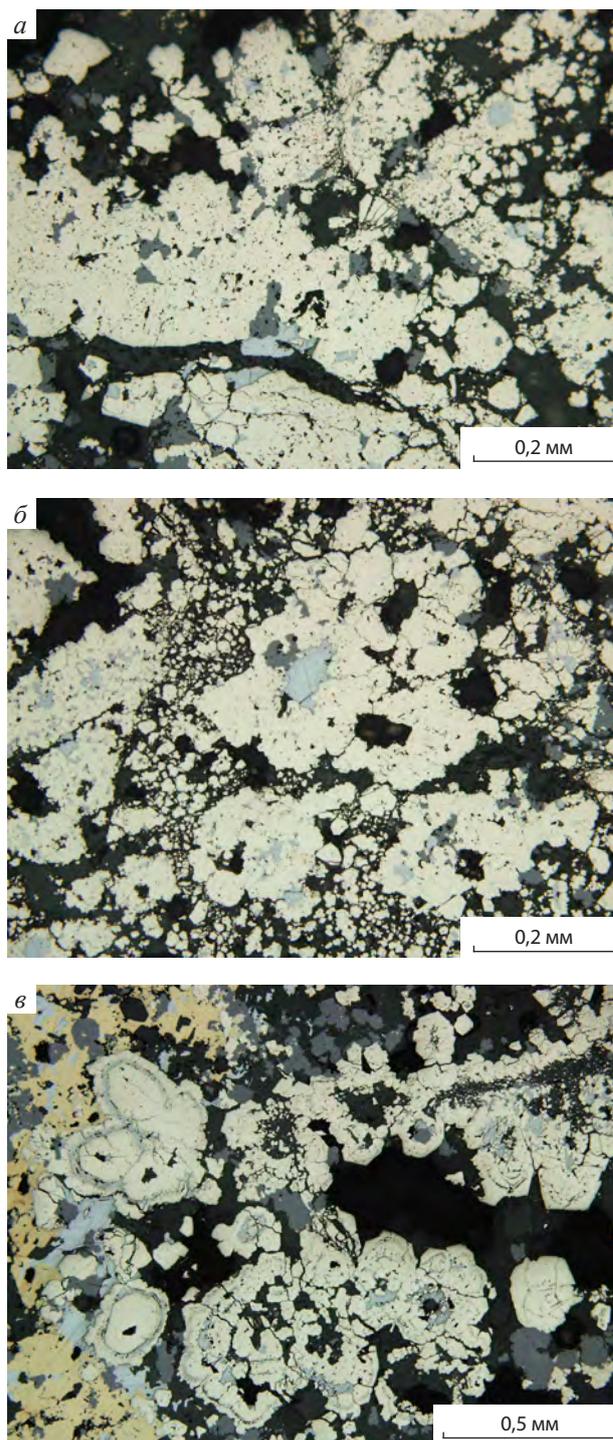
Вследствие подводного обрушения сульфидных построек, сноса обломочного материала и последующего метаморфизма руд фрагменты гидротермальных труб «курильщиков» в древних месторождениях встречаются весьма редко. В значительном количестве они были обнаружены и исследованы в рудах палеозойских колчеданных месторождений Урала [7], отдельные находки отмечены также в Казахстане [3]. В данной статье описаны палеогидротермальные трубы, впервые выявленные автором в рудах на западном фланге Захаровского колчеданно-полиметаллического месторождения на Рудном Алтае.

Концентрически-зональные образования, которые по составу и текстуре могут быть идентифицированы как трубы «палеокурильщиков», найдены в керне скважины, пройденной на западном фланге месторождения в вулканогенных отложениях девонского возраста. В наиболее хорошо сохранившихся разностях отчётливо наблюдаются все характерные части гидротермальных труб [7, 10] (рис. 1, а, б): главный канал диаметром 2,5–3,5 см, частично заполненный минеральным веществом, зонально построенная стенка толщиной ~5 мм, которая в некоторых участках осложнена раздувами до 1,5 см за счёт развития дополнительных тонких каналов, и оболочка.

Ниже приведены результаты исследования аншлифов, изготовленных из фрагментов каждой из зон одной из палеогидротермальных труб.

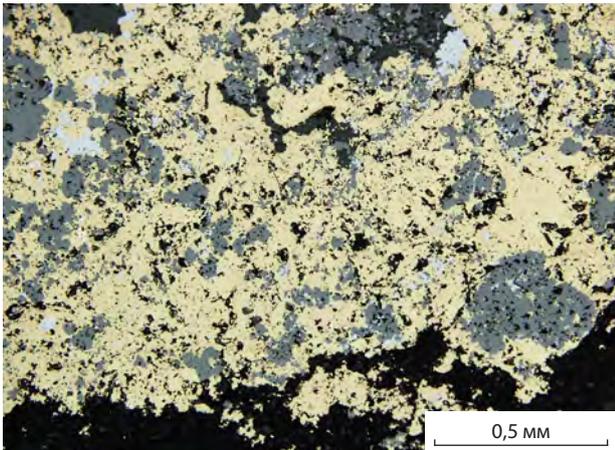
*Главный (осевой) канал* трубки полый, ближе к стенкам заполнен пористым сульфидным материалом (рис. 2) в сростании с баритом. Под микроскопом пористые сульфиды представлены скоплениями почковидного, колломорфного, иногда глобулярного пирита, тонкозернистых галенит-пиритовых масс, комковатого, почковидного сфалерита, вместе образующих пористый агрегат, в пустотах которого развиваются хорошо выраженные кристаллики барита (см. рис. 2, в, г).

*Внутренняя часть стенки* трубки сложена сливными почковидными пиритовыми (рис. 3) массами обычно с подчинённым количеством сфалерита и галенита, участками переходящими в дендритовидные (см. рис. 3, в) зональные галенит-пиритовые выделения в ассоциации с тонкозернистым баритом и сфалеритом.



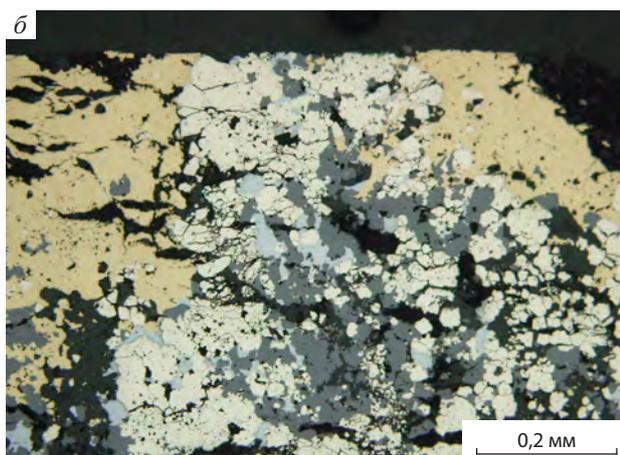
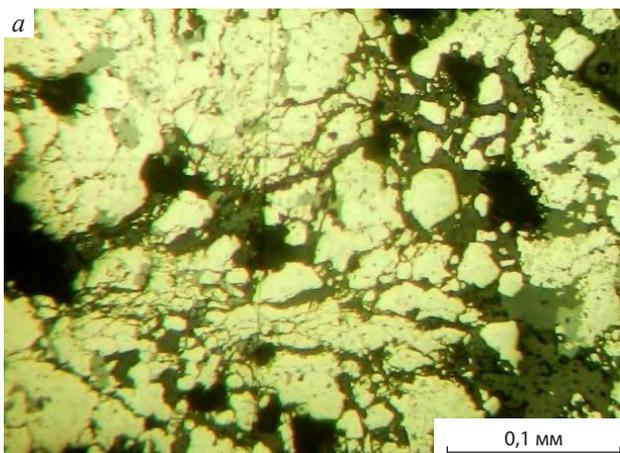
**Рис. 3. ПИРИТ ВНУТРЕННЕЙ СТЕНКИ В АССОЦИИ С ГАЛЕНИТОМ, СФАЛЕРИТОМ И БАРИТОМ:**

а – сливные выделения пирита; б – почковидные выделения на контакте с пористыми сульфидами; в – зональные выделения почковидного и дендритовидного пирита с галенитом из частично разрушенной внутренней стенки



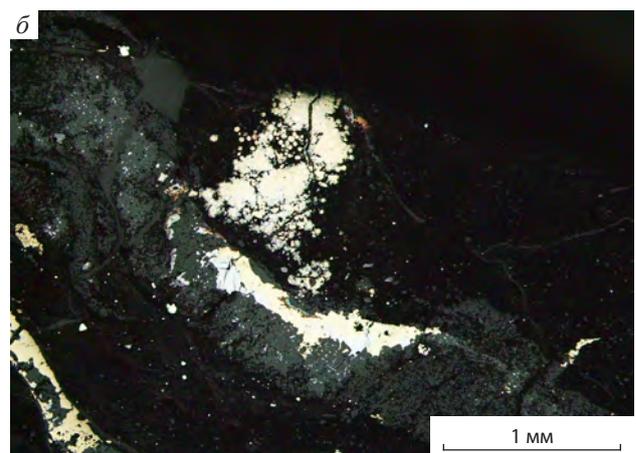
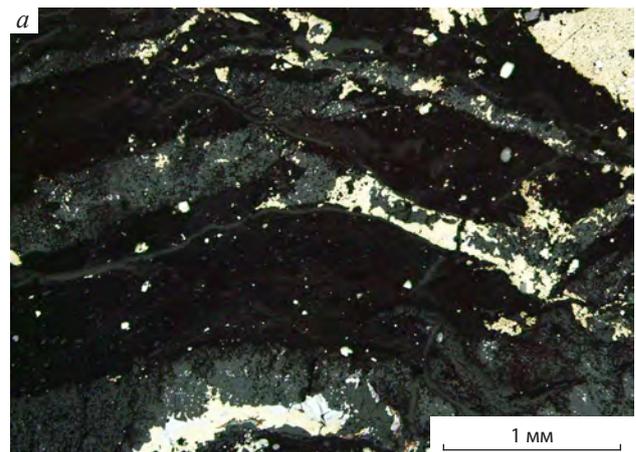
**Рис. 4. МОРФОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ СУЛЬФИДОВ ВО ВНЕШНЕЙ ЧАСТИ СТЕНКИ ТРУБКИ (сфалерит – тёмно-серый, галенит – голубой, халькопирит – жёлтый)**

Внешняя часть стенки сложена преимущественно халькопиритом. Количество барита во внешней части стенки значительно уменьшается. Ширина халькопиритовой зоны колеблется от нескольких миллиметров до 1,5 см; в участках раздувов она представляет собой массивные сульфиды, где халькопирит является цементом, содержащим крупные выделения сфалерита и галенита, редкие зёрна пирита (рис. 4). Кроме того, к раздувам приурочены выделения некоторого количества блеклой руды. Сфалерит здесь также имеет почковидный облик, хотя крупность выделений по сравнению со сфалеритом осевого канала и внешней стенки значительно увеличивается (до 0,3–0,5 мм). При этом халькопирит и галенит цементируют и частично замещают пирит и сфалерит, являясь несколько более поздними по отношению к ним.



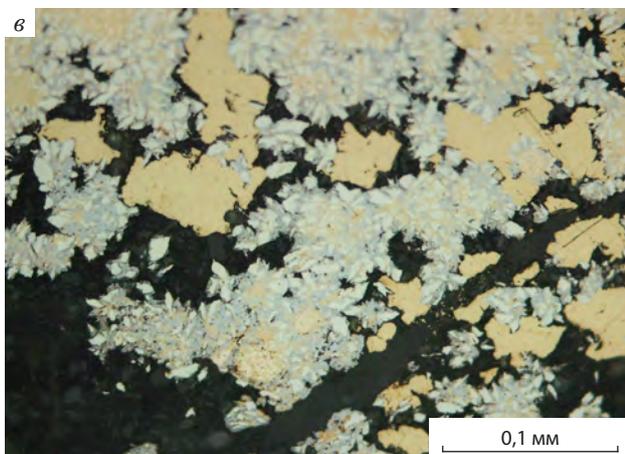
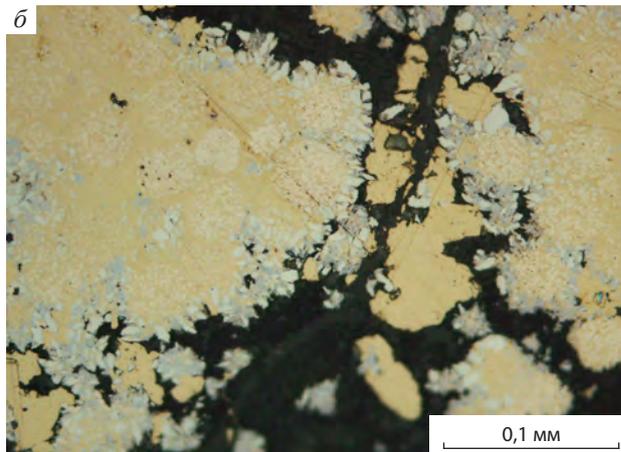
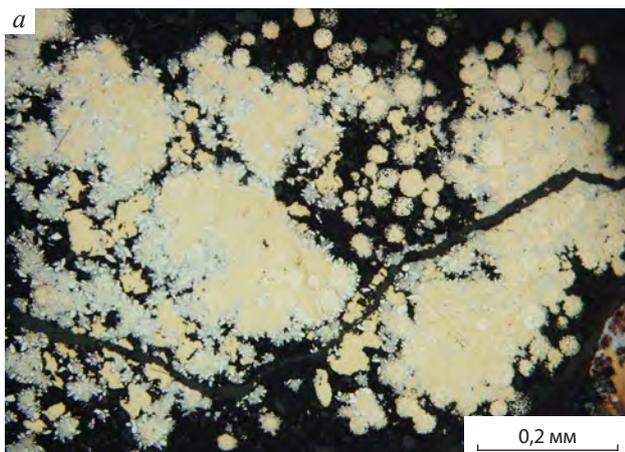
**Рис. 5. РАСТРЕСКИВАНИЕ СУЛЬФИДОВ СТЕНКИ ТРУБКИ:**

*a* – внутренняя пиритовая стенка; *б* – растрескивание близ контакта внешней и внутренней стенок



**Рис. 6. ОБОЛОЧКА ТРУБКИ:**

*a* – лентовидные обособления с выделениями сульфидов; *б* – реликты скоплений сульфидов в массе хлорита



**Рис. 7. ФРАМБОИДАЛЬНЫЙ ПИРИТ ИЗ ВНЕШНЕЙ ОБОЛОЧКИ В АССОЦИИ С ПЛАСТИНЧАТЫМ МАРКАЗИТОМ И ХАЛЬКОПИРИТОМ:**

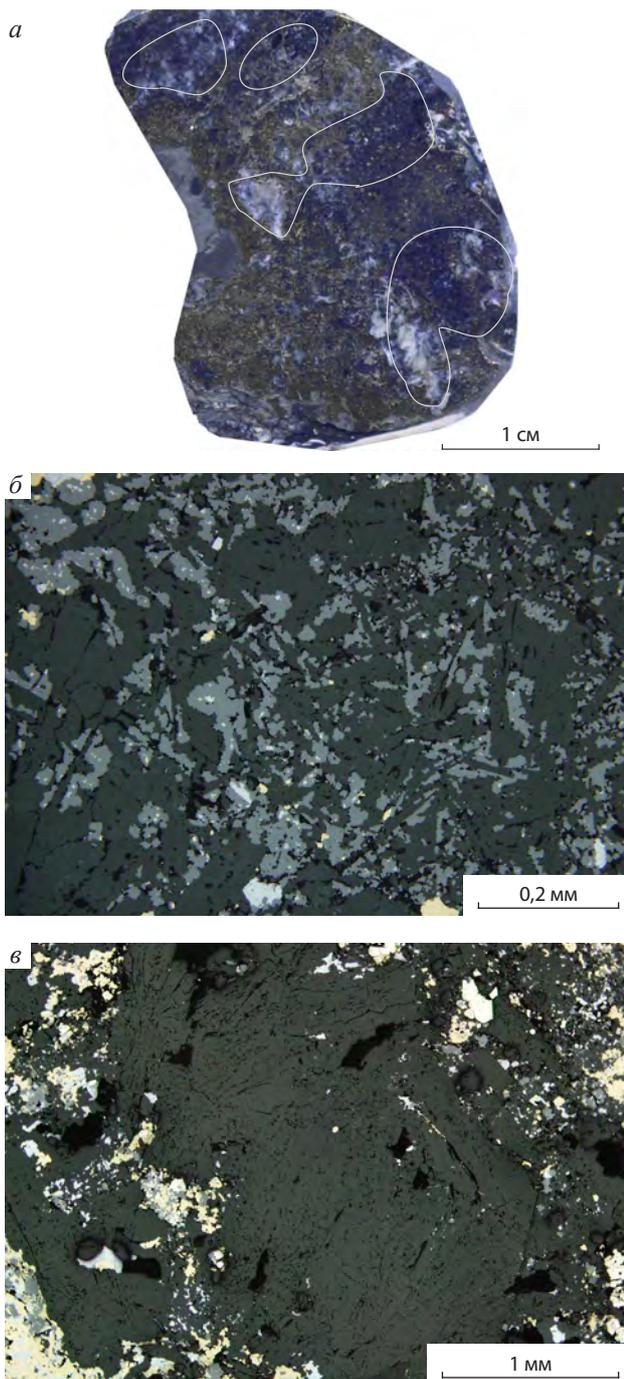
*а* – общий вид; *б* – фрамбоидальный пирит, пластинчатый марказит и галенит в халькопиритовой матрице; *в* – морфология выделения пластинчатого марказита в ассоциации с галенитом и фрамбоидальным пиритом в краевой части скоплений

Для стенки характерны концентрические зоны повышенного растрескивания сульфидов (рис. 5). Кроме того, вблизи дополнительных каналов стенка и пористый материал частично разрушены и дезинтегрированы, а полость выполнена пластинчатым баритом в ассоциации с почковидным сфалеритом. Вблизи стенок дополнительных каналов в барите фиксируется большое количество раздробленного пиритового материала, что свидетельствует об их частичном обрушении.

Внешняя часть оболочки трубки значительно разрушена, замещена серицит-хлоритовой массой и представлена лишь эпизодически. В структуре оболочки выделяются лентовидные обособления (рис. 6, *а*), в составе которых присутствуют кварц, карбонаты, в некоторых случаях отмечаются сульфидные минералы. Между «лентами» в хлоритизированной массе встречены частично замещённые скопления фрамбоидов пирита (рис. 7; см. рис. 6, *б*) в ассоциации с марказитом, халькопиритом и галенитом.

Фрамбоиды пирита находятся в тесном прорастании с халькопиритом, при этом встречаются как скопления обособленных разностей фрамбоидов (см. рис. 7, *а*), так и более крупные выделения, представляющие собой многочисленные включения фрамбоидов в халькопиритовой матрице (см. рис. 7, *б*). Ближе к внешним границам данных выделений вокруг фрамбоидов появляется галенитовая оторочка, на которую, в свою очередь, нарастает копьевидный марказит (см. рис. 7, *б*, *в*).

Стенка трубки осложнена раздувами мелких дополнительных каналов размером 1–1,5 см. Присутствуют как единичные образования (см. рис. 1, *а*), так и системы многоканальных диффузеров (рис. 8, *а*). В зависимости от положения в теле стенки строение и состав заполнения дополнительных каналов изменяются. Каналы, приуроченные к внутренней, преимущественно пиритовой части стенки, выполнены главным образом крупнокристаллическим пластинчатым баритом в ассоциации со сфалеритом, образующим гроздьевидные выделения вдоль



**Рис. 8. ОСЕВЫЕ ЧАСТИ МЕЛКИХ КАНАЛОВ, ОСЛОЖНЯЮЩИХ СТЕНКУ ТРУБКИ (б, в – аншлифы):**

*а* – система нескольких мелких каналов, осложняющих стенку трубки (линиями схематически показаны осевые части дополнительных каналов); *б* – пластинчатый барит в ассоциации с комковатым сфалеритом; *в* – канал, выполненный друзами пластинчатого барита

вытянутых кристаллов барита (см. рис. 8, б). В то же время, встречаются и чисто баритовые разности (см. рис. 8, в).

В барите присутствуют многочисленные обломки пирита, в центральной части некоторых каналов определяется карбонат. В осевой зоне каналов, расположенных во внешней, преимущественно халькопиритовой части стенки, содержится халькопирит, образующий каёмки вокруг гроздьевидных выделений сфалерита.

Итак, в рудах, вскрытых на западном фланге Захаровского колчеданно-полиметаллического месторождения Рудного Алтая, наличествуют образования, которые по составу и морфологии могут быть идентифицированы как фрагменты палеогидротермальных труб – так называемых «курильщиков». Они представляют собой концентрически-зональные сульфидные агрегаты диаметром 3–5 см. По минеральному составу и особенностям структуры сульфидных выделений отчётливо выделяются зоны, характерные для труб современных и древних «курильщиков». Оболочка отличается присутствием фрамбоидального пирита («оруденелых бактерий») и копьевидного марказита. Основное тело труб сложено преимущественно халькопиритом. Внутренняя стенка покрыта почковидными и дендритовидными агрегатами пирита. Каналы заполнены глобулярным, колломорфным пиритом и баритом. Во всех зонах имеется переменное количество галенита и сфалерита.

Присутствие барита в ассоциации с сульфидами позволяет отнести трубы к продуктам деятельности так называемых «серых курильщиков», характерных для месторождений типа куроко, связанных с бимодальными мафическими и фельзитовыми вулканическими комплексами [3].

Наличие палеогидротермальных труб на колчеданно-полиметаллических месторождениях Рудного Алтая подтверждает предположения о вулканогенно-осадочной природе оруденения, т. е. о формировании сульфидных залежей в результате поступления высокотемпературных гидротермальных растворов на дно палеобассейна вблизи центров вулканической активности. В свою очередь, такие центры могут быть выделены по реликтовым фрагментам «курильщиков», которые обладают характерными минералогическими и текстурными особенностями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдонин В.В. Реликты черных курильщиков в рудах гидротермальных месторождений // *Металлогения складчатых систем с позиции тектоники плит*. Екатеринбург, 1996. С. 148–152.
2. Авдонин В.В., Дергачев А.Л., Сергеева Н.Е. Гидротермальные постройки и продукты их разрушения на колчеданно-полиметаллических месторождениях Рудного Алтая // *Продукты разрушения гидротермальных построек в колчеданосных районах*. Свердловск, 1991. С. 126–137.
3. «Белые», «черные», «серые» и «мерцающие курильщики» современных и древних океанов (обзор) / В.В.Масленников, А.Ю.Леин, С.П.Масленникова и др. // *Металлогения древних и современных океанов*. 2016. Т. 22. С. 7–13.
4. Зайков В.В. Вулканизм и сульфидные холмы палеоокеанических окраин (на примере колчеданосных зон Урала и Сибири). Изд. 2-е, доп. – М.: Наука, 2006.
5. Кузнецов В.В. Геолого-генетические основы прогноза и поисков полиметаллических месторождений Сибири // Тез. докл. научно-практической конференции «Научно-методические основы прогноза, поисков и
- оценки месторождений цветных и благородных металлов, алмазов – состояние и перспективы», 19–20 апреля 2016 г. М., 2016. С. 39–40.
6. Кузнецов В.В., Кудрявцева Н.Г., Галямов А.Л., Кузнецова С.В. Геолого-генетические основы прогноза и поисков колчеданно-полиметаллических месторождений рудноалтайского типа // *Отечественная геология*. 2014. № 2. С. 30–38.
7. Масленников В.В. Литогенез и колчеданообразование. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2006.
8. Месторождения колчеданного семейства. Сер. Модели месторождений благородных и цветных металлов / А.И.Кривцов, О.В.Минина, В.Г.Волчков и др. – М.: ЦНИГРИ, 2002.
9. Русаков В.Ю. Сравнительный анализ минерального и химического состава дымов «черных курильщиков» гидротермальных полей ТАГ и Брокен Спур (Срединно-Атлантический хребет) // *Геохимия*. 2007. № 7. С. 766–785.
10. Tectonic setting and geochemical zonation in the Snake Pit sulfide deposit (Mid-Atlantic Ridge at 23°N) / Y.Fouquet, A.Wafik, G.Mével et al. // *Econ. Geol.* 1993. Vol. 88. P. 2018–2036.

## MINERALOGICAL CHARACTERIZATION OF FIRST PALEOZOIC «BLACK SMOKERS» HYDROTHERMAL CHIMNEYS DISCOVERIES IN THE RUSSIAN PART OF RUDNY ALTAI

S.V.Kuznetsova

(FSBI Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow)

*Substances that can be compositionally and morphologically identified as fragments of paleohydrothermal chimneys, the so called «black smokers», were discovered in ores from Zakharovskoye pyrite-polymetallic deposit (Rudny Altai) for the first time. 3–5 cm diameter pipes are zonal and composed of pyrite and chalcopyrite with minor galena and sphalerite, channels are filled sulfides associated with barite. Pipe discoveries support volcanosedimentary mineralization nature.*

*Keywords: Rudny Altai, pyrite-polymetallic, paleohydrothermal chimneys, «black smokers».*

