

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ КИЛЬЧЕРИС (КОДАРО-УДОКАНСКАЯ ЗОНА)

© 2012 г. Б. Н. Абрамов*, Н. Е. Чернышова**

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН

672090, г. Чита, ул. Бутина, 26

E-mail: inrec.sbras@mail.ru

**Востокгеология

672027, г. Чита, ул. Горького, 43

E-mail: Nad1277@mail.ru

Поступила в редакцию 03.03.2011 г.

Рудопроявление Кильчерис, расположенное в Верхнекаларской впадине Кодаро-Удоканской зоны, пространственно приурочено к участку воздействия тектонического нарушения северо-восточного простирания. Оруденение развито в дробленных венд-кембрийских песчаниках силимкунской свиты. Основное рудное тело образовано вкрапленной и прожилково-вкрапленной минерализацией. Максимальное содержание меди достигает 16.85%. В составе рудных минералов преобладают халькопирит, теннантит и пирит. На участке рудопроявления широко проявлен метасоматоз (фельдшпатизация), связанный с процессами регенерации медных руд в зонах тектонических нарушений. По условиям формирования, составу и строению рудных тел, геохимическим особенностям медное рудопроявление Кильчерис относится к позднепротерозойским медистым песчаникам пестроцветной карбонатно-терригенной формации южного обрамления Сибирской платформы.

Ключевые слова: *Кодаро-Удоканская зона, медистые песчаники, рудопроявление Кильчерис.*

ВВЕДЕНИЕ

Медное рудопроявление Кильчерис расположено в Кодаро-Удоканской зоне в восточной части Верхнекаларской рифтогенной впадины. Оно входит в состав позднепротерозойских меденосных красноцветных и пестроцветных осадочных формаций, протягивающихся в виде узкого пояса по южной периферии Сибирской платформы. Данные отложения развиты в Канско-Тасеевской впадине, Присяянье, Западном Прибайкалье, Олекмо-Витимской горной стране. Характерной особенностью данных меденосных отложений является наличие красноцветных пород [8].

В Кодаро-Удоканской зоне рудопроявление Кильчерис является единственным имеющим позднепротерозойский возраст. От раннепротерозойских месторождений и рудопроявлений медистых песчаников Кодаро-Удоканской зоны рудопроявление Кильчерис отличается возрастом вмещающих отложений (венд-кембрийские отложения силимкунской свиты) и составом руд. В медистых песчаниках удоканской серии наиболее распространены борнит-халькозиновые руды, менее развиты – пирит-халькопиритовые, в медистых песчаниках рудопроявления Кильчерис преобладают халькопирит, блеклая руда и пирит.

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При исследовании рудопроявления Кильчерис использовались данные предшествующих геолого-

съемочных и поисково-разведочных работ, а также собственный фактический материал, полученный авторами в результате проведения тематических научно-исследовательских работ в 1982–1985 гг. в Забайкальском научно-исследовательском институте (ЗабНИИ, г. Чита) по составлению карт прогноза на золото масштаба 1 : 50 000, территорий прилегающих к зоне БАМ. В процессе работ была составлена схема геологического строения района рудопроявления Кильчерис м-ба 1 : 10 000. На начальных стадиях исследований для определения содержания благородных металлов в массовых количествах использовались спектрозолотометрический и сцинтилляционный спектральный методы анализов. В последующем пробы со значимыми содержаниями благородных металлов анализировались пробирным методом. Для определения содержания меди в рудах использовался химический метод. Анализы проводились в аналитических лабораториях ЗабНИИ. Кроме того, применены данные химико-спектрального и флуоресцентного анализов на рудные, редкие и редкоземельные элементы, сделанные в аналитическом центре Геологического института СО РАН (г. Улан-Удэ). В работе использованы методы микроскопического исследования пород и руд.

При проведении поисковых работ В.Я. Мельниченко и др., в 1973–1975 гг. для изучения перспектив рудопроявления были пройдены линии поисковых скважин длиной 2 км через 200–400 м, глубиной 25 м и канавы. Было выявлено, что основное

Таблица 1. Содержания рудных элементов в медных рудах рудопроявления Кильчерис

| № проб | Cu | Au | Ag | Pt | Pd |
|---------|-------|--------|--------|--------|-------|
| 900-10 | | 0.03 | 0.8 | | |
| 900-11 | | 0.1 | | | |
| 900-12 | 0.163 | 0.1 | | | |
| 900-13 | 3.78 | 0.05 | 3.6 | | |
| 900-14 | 8.06* | 0.02 | 47.2 | | |
| 900-15 | 16.85 | <0.10* | 36.01* | | |
| 900-16 | 1.66 | 0.1 | 0.8 | 0.0027 | |
| 900-17 | | – | 1.8 | | |
| 900-18 | 0.19 | 0.1 | 4.6 | 0.0024 | |
| 900-19 | 0.23 | 0.1 | 4.6 | | |
| 900-20 | | 0.1 | 0.6 | | |
| 903-4 | 0.24 | 0.01 | 0.1 | | |
| 903-5 | 0.07 | <0.1* | 1.4 | | |
| 903-6 | | 0.06 | 0.8 | | 0.126 |
| 903-8 | | 0.01 | 1.0 | | |
| 314-1 | | 0.02 | | | |
| среднее | 3.47 | 0.05 | 7.94 | 0.0025 | |

Примечание. Содержание Au, Ag, Pt, Pd – в г/т; Cu – %; золото определялось пробирным и спектрозолотометрическим методами, Ag – пробирным методом, Cu – химическим методом в аналитических лабораториях ЗабНИИ, Роскомнедра РФ (г. Чита); Pt, Pd – химико-спектральным методом в аналитическом центре ГИ СО РАН (г. Улан-Удэ); прочерк – ниже порога чувствительности анализа. * – значения определялись атомно-абсорбционным методом в лабораторно-исследовательском центре (ОАО “ЛИЦИМС”, г. Чита).

рудное тело имеет линзовидную форму, протяженностью 180 м (канавы 3 и 4). С глубиной рудное тело выклинивается. Средняя мощность пласта с промышленным оруденением составляет 5.5 м; среднее содержание меди – 1.32%. При геолого-съёмочных работах А.М. Оверчуком и др. в 1982–1987 гг. для оценки оруденения на глубину было пройдено две скважины глубиной 300 м. Ниже по разрезу от основного рудного тела выявлено два рудных тела с промышленными содержаниями меди мощностью до 3 м. Было установлено, что вкрапленная халькопиритовая минерализация отмечается до глубины 45–50 м. Содержание меди в этих рудных линзах составило 1.17 и 0.70%. Данные химического анализа показали максимальное содержание меди в основном рудном теле 16.85% (табл. 1). Вследствие малых размеров рудных тел рудопроявление признано малоперспективным.

КРАТКАЯ СХЕМА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РАЙОНА РУДОПРОЯВЛЕНИЯ

Рудопроявление Кильчерис пространственно приурочено к зоне тектонических разломов северо-восточного простирания, трассируемой дайками и интрузиями базитов позднепротерозойского до-росского комплекса (рис. 1). Район рудопроявления сложен отложениями венд-кембрийской силимкунской свиты, представленной переслаивающимися

песчаниками, алевролитами, известняками (рис. 2). Наличие в разрезе силимкунской свиты красноцветных пород, а также глиптоморфоз по галиту свидетельствуют об аридных условиях ее образования.

Оруденения развито, главным образом, в сероцветных песчаниках, развитых среди пестроцветных отложений. Оно локализовано в зонах брекчирования и дробления пород. Рудная минерализация представлена вкрапленными и прожилково-вкрапленными и стустковыми выделениями сульфидов. Рудные минералы локализуются либо в цементе, либо в межзерновом пространстве. На участках развития наиболее богатых руд цемент почти нацело замещен рудными минералами.

Обломочные зерна меденосных песчаников представлены кварцем, реже – калиевым полевым шпатом, плагиоклазом, редко – турмалином. Цемент в песчаниках пленочный, редко – пленочно-базальный гидросерицит-глинистого состава. В красноцветных песчаниках обломочные зерна, в основном, состоят из кварца, цемент карбонатный, с большим содержанием пылевидных титанистых минералов и гидроксидов железа.

На участках развития рудной минерализации светло-серые песчаники претерпели ряд изменений, характерных для высоко- и среднетемпературного щелочного метасоматоза. Так, цемент песчаников замещается калиевым полевым шпатом, в случае отсутствия цемента калишпатизации подвергаются краевые части обломочных зерен. Калишпат, образованный при замещении цемента, – мутный, переполненный пылевидными включениями, калишпат, растущий по обломкам, – чистый, прозрачный. Кроме того, в песчаниках рудной зоны отмечаются более низкотемпературные метасоматические преобразования, выражающиеся в активном росте альбита, замещающего обломки полевых шпатов, и хлорита, растущего по цементу. Гидротермально-метасоматические преобразования медистых песчаников (калишпатизация, альбитизация) связаны с процессами рудообразования. Наиболее интенсивно метасоматические преобразования пород отмечаются на участках развития рудной минерализации. Ранее в Кодаро-Удоканской зоне нами была отмечена пространственная приуроченность процессов альбитизации к зонам тектонических нарушений [1].

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУД

Оруденение пространственно приурочено к зонам тектонических нарушений. Оно локализуется в дробленных, брекчированных сероцветных песчаниках силимкунской свиты. Среди текстур руд преобладают вкрапленные и прожилково-вкрапленные. Вкрапленные текстуры характеризуются рассеянной вкрапленностью в калишпатизированных дробленных песчаниках. Среди вкраплен-

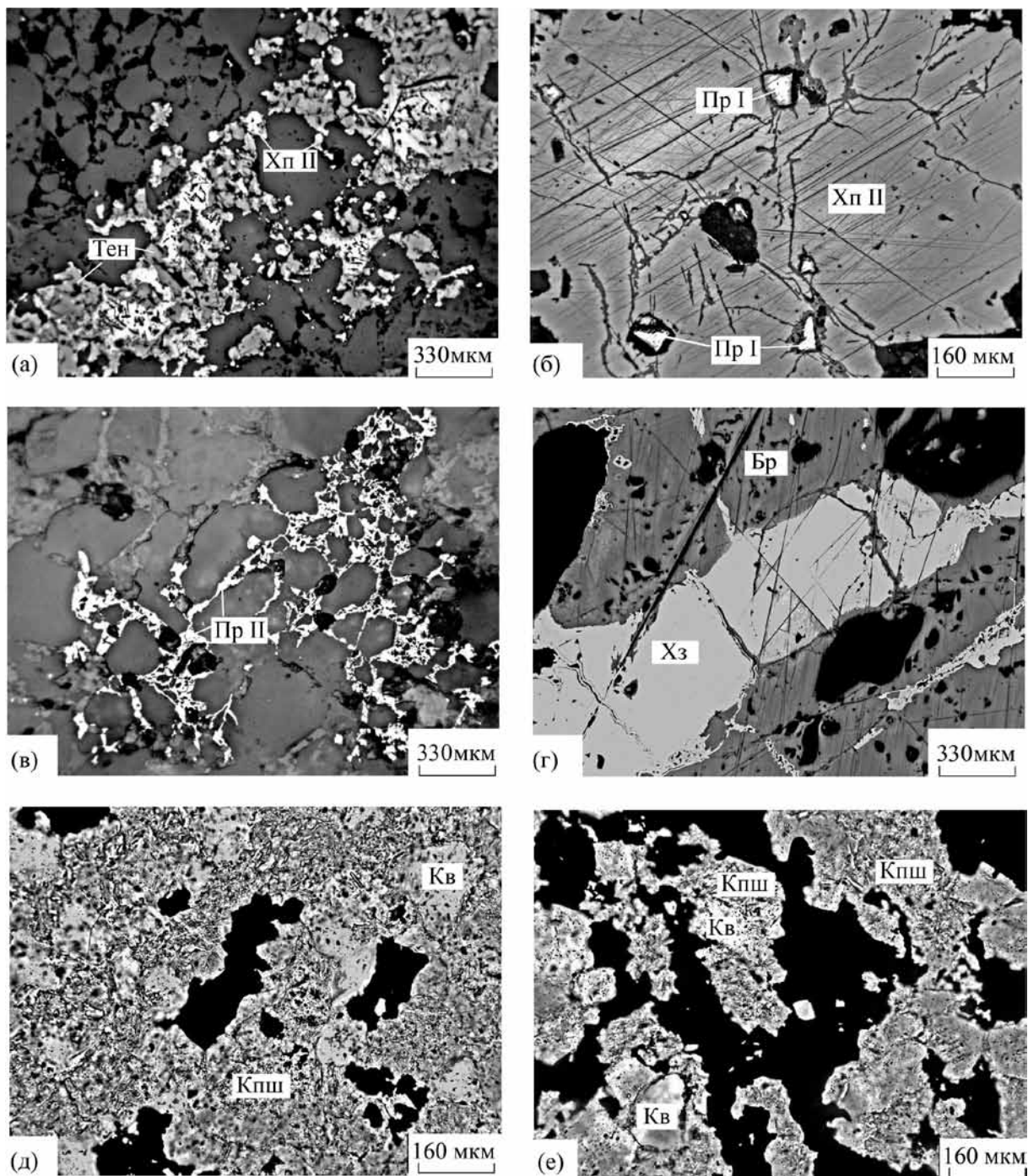


Рис. 3. Различные типы минерализации рудопроявления Кильчерис.

а – халькопирит II (Хп) – теннантитовые (Тен) срастания зерен; б – включения гипидиоморфных зерен пирита I (Пр) в халькопирите II; в – микропрожилки пирита цементируют нерудные минералы; г – борнит (Бр)-халькозиновые (Хз) срастания зерен в кварце, черное – нерудные минералы (кварц, калиевый полевой шпат); д – метасоматически измененный песчаник; Кв. – кварц, Кпш. – калиевый полевой шпат, развитый по цементу песчаников; черное – рудные минералы; е – метасоматически измененный песчаник; калиевый полевой шпат, развивается по цементу песчаников и замещает краевые части обломочных зерен кварца; черное – рудные минералы (а–г в отраженном свете, д–е в проходящем свете).

ников преобладают халькопирит, теннантит, пирит, часто отмечаются халькопирит-теннантитовые срастания. Прожилково-вкрапленные текстуры обусловлены сочетанием мелкорассеянной вкрапленности (до 1 см) и прожилков рудных минералов (до

0.5 см), кварцево-халькопиритовых, реже кварцево-халькозин-борнитовых прожилков (до нескольких сантиметров) в калишпатизированных, альбитизированных дробленых, брекчированных песчаниках.

Наиболее распространенными рудными мине-

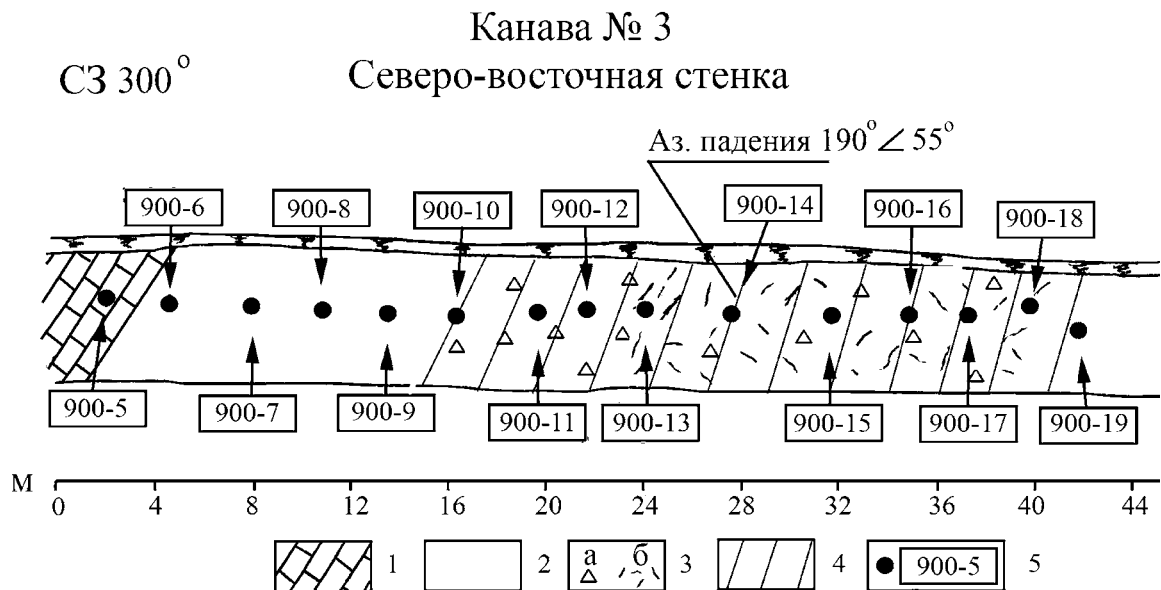


Рис. 4. Разрез рудоносного горизонта по канаве № 3.

1 – известняки; 2 – песчаники; 3 – типы руд: а – вкрапленные, б – прожилково-вкрапленные; 4 – метасоматически измененные песчаники (калишпатизация, альбитизация); 5 – место отбора и номер пробы.

ралами являются халькопирит, блеклая руда (теннантит) и пирит. Менее распространены борнит и халькозин. Редко отмечаются миллерит, магнетит, марказит, сфалерит и арсенопирит. К числу редко встречающихся минералов относится клаусталит. Отмечена следующая последовательность выделений рудных минералов: пирит I + марказит → пирит II → халькопирит I (жильный) → халькопирит II + теннантит + борнит (рис. 3). Наиболее ранний пирит I на рудопроявлении часто отмечается в виде идиоморфных включений размерами до 2 мм. Изредка наряду с пиритом встречаются марказитовые зерна. Пирит II отмечается в межзерновом пространстве нерудных минералов. Халькопирит первой генерации встречается в прожилках мощностью до 0.5 см, чаще всего отмечается на флангах рудной зоны, где образует прожилки мощностью до нескольких сантиметров. Характерной особенностью данных халькопиритов является отчетливая анизотропность, свидетельствующая о высокотемпературных условиях (550–600°C) образования [5]. Халькопирит второй генерации относится к числу наиболее распространенных минералов. Он отмечается в виде ксеноморфных включений размерами до нескольких сантиметров, часто образует сростания с теннантитом. Наиболее поздние рудные минералы образуют кварцево-рудные прожилки размерами до нескольких сантиметров. В единичных случаях в халькопиритовых и борнитовых зернах отмечаются включения клаусталита, что свидетельствует о низкотемпературных условиях образования [10]. В борнитах отмечаются решетчатые, мirmekитовые структуры распада твердого раствора халькопирита. Рудные минералы более поздних па-

рагенезисов замещают минералы более ранних парагенезисов. Они оконтуривают их или залечивают в них микротрещинки. Окисленные руды представлены азуритом, малахитом, ковеллином, гетитом. Они развиваются по микротрещинам в рудных минералах, образуют корочки, окаймляющие рудные минералы. В распределении рудных минералов наблюдается зональность. От периферийных к центральным частям рудных тел отмечается изменение состава рудных минералов. Вкрапленная пирит-марказитовая минерализация характерна для периферийных частей рудных тел. По направлению к центру она сменяется халькопиритовыми, халькопирит-теннантитовыми включениями, далее, в центральных частях рудного тела, распространены халькопиритовые, кварцево-халькопирит-борнитовые, кварцево-борнит-халькозиновые прожилки (рис. 4). Наличие рудных минералов, образованных в высоко- и низкотемпературных условиях указывает на длительность рудного процесса.

Рудная минерализация рассматриваемого рудопроявления отличается от раннепротерозойских медистых песчаников сакуканского стратиграфического уровня пространственной приуроченностью к зонам тектонических нарушений и составом основных рудных минералов (халькопирит, теннантит, пирит).

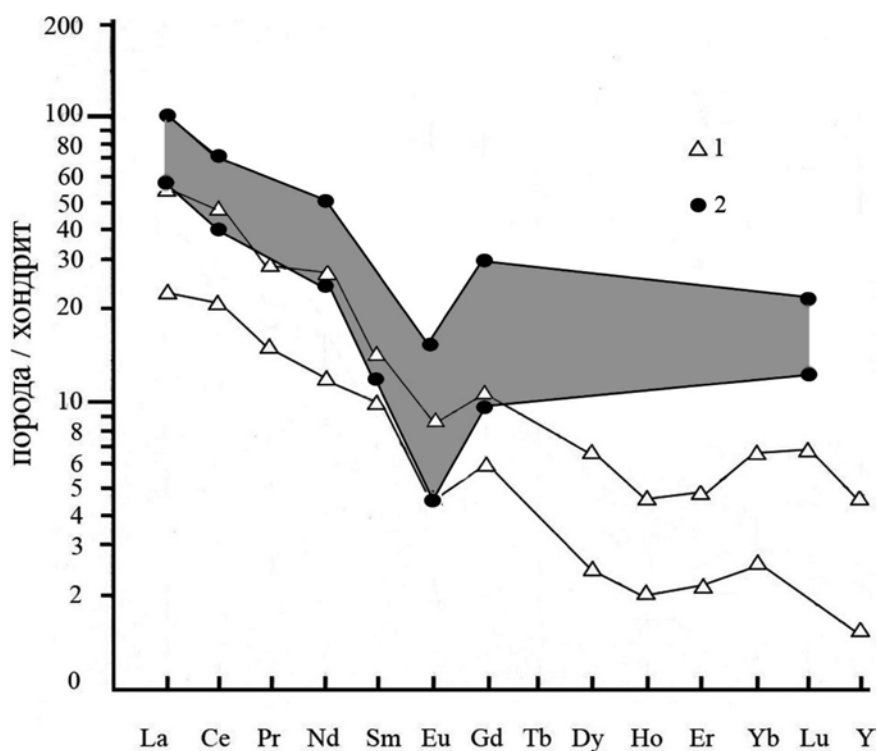
ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕДЕНОСНЫХ ПОРОД

Аналитические данные свидетельствуют о повышенных содержаниях меди, золота, серебра и цинка в рудах проявления Кильчерис (табл. 1, 2).

Таблица 2. Средние содержания элементов в медистых песчаниках Кодаро-Удоканской зоны, г/т

| Zn | As | Pb | Rb | Sr | Y | Zr | Mo | Ba | La | Ce | Au |
|--|------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| Медистые песчаники кеменской сери | | | | | | | | | | | |
| $\frac{11}{11}$ | $\frac{5}{11}$ | $\frac{9}{11}$ | $\frac{65}{11}$ | $\frac{143}{11}$ | $\frac{21}{11}$ | $\frac{233}{11}$ | $\frac{5}{11}$ | $\frac{775}{11}$ | $\frac{33}{11}$ | $\frac{68}{11}$ | $\frac{0.04}{140}$ |
| Медистые песчаники чинейской сери | | | | | | | | | | | |
| $\frac{252}{12}$ | $\frac{100}{12}$ | $\frac{555}{12}$ | $\frac{52}{12}$ | $\frac{87}{12}$ | $\frac{17}{12}$ | $\frac{108}{12}$ | $\frac{45}{12}$ | $\frac{572}{12}$ | $\frac{39}{12}$ | $\frac{73}{12}$ | $\frac{0.18}{71}$ |
| Силимкунская свита. Рудопроявление Кильчерис | | | | | | | | | | | |
| $\frac{1463}{7}$ | $\frac{2725}{7}$ | $\frac{44}{7}$ | $\frac{31}{7}$ | $\frac{40}{7}$ | $\frac{7}{7}$ | $\frac{147}{7}$ | $\frac{18}{7}$ | $\frac{555}{7}$ | $\frac{7}{7}$ | $\frac{16}{7}$ | $\frac{0.02}{20}$ |

Примечание. В числителе – средние содержания элементов, в знаменателе – число анализов. Анализы выполнены в аналитическом центре Геологического института СО РАН (г. Улан-Удэ) рентгенфлуоресцентным методом, аналитик Б.Ж. Жалсараев. Содержание золота определялись спектрозолотометрическим и пробирным методами анализа в аналитических лабораториях ЗабНИИ (г. Чита).

**Рис. 5.** Спайдер-диаграмма распределения редкоземельных элементов медистых песчаников Кодаро-Удоканской зоны.

1 – медные руды рудопроявления Кильчерис; 2 – колчедано-полиметаллические руды месторождения Юбилейное. Определение редкоземельных элементов проведено в аналитическом центре Геологического института (г. Улан-Удэ) химико-спектральным методом, аналитик А.А. Цыренова.

Корреляционный анализ выявил относительно тесную связь золота только с Pb ($r = 0.41$).

В распределении редкоземельных элементов (РЗЭ) в медистых песчаниках рудопроявления Кильчерис отмечается четкий европиевый минимум, указывающий на участие в рудообразовании глубинных гидротерм (рис. 5).

Стратифицированные колчеданно-полиметаллические отложения месторождения Юбилейное, имеющие мантийно-коровые источники, также характеризуются наличием европиевого минимума [4]. Установлено, что наличие четко выраженных

европиевых минимумов на кривых распределения редкоземельных элементов в металлоносных горизонтах и сульфидных рудах свидетельствует об участии глубинных гидротерм в их формировании [6].

Анализ содержаний элементов-примесей в рудах выявил повышенные содержания цинка и мышьяка, что отличает их от медистых песчаников удоканской серии (табл. 2).

По структурной позиции, времени образования, литологическому составу рудоносных горизонтов, масштабам проявления, набору основных рудных минералов рудопроявление Кильчерис аналогич-

но позднепротерозойским и кембрийским проявлениям медистых песчаников, развитым по южному обрамлению Сибирской платформы от Енисейского кряжа до восточной окраины Алданского щита [3, 7–9]. Медное оруденение в этих проявлениях приурочено к красноцветным и пестроцветным карбонатно-терригенным формациям. Содержание меди в данных рудопоявлениях обычно колеблется от 0.3 до 1.0%. Основными рудными минералами в них являются халькопирит, пирит, борнит, халькозин. Рудные зоны сложены вкрапленной, реже прожилково-вкрапленной минерализацией. Наиболее перспективными на медное оруденение являются осадочные толщи с перемещающимися красноцветными и сероцветными лагунно-дельтовыми отложениями [8]. Источниками меди в разных регионах являются меденосные раннепротерозойские и архейские породы областей сноса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, рудопоявление Кильчерис, пространственно приуроченное к зонам тектонических нарушений, образовано зонами вкрапленных и прожилково-вкрапленных руд. Максимальное содержание меди по данным химического анализа составляет 16.85%. На участке рудопоявления широко проявлены метасоматические преобразования пород (фельдшпатизация), приуроченные к рудоносным зонам и связанные с процессами регенерации в зонах тектонических нарушений. По условиям формирования, составу и строению рудных тел медное оруденение рудопоявления Кильчерис относится к позднепротерозойским медистым песчаникам пестроцветной карбонатно-терригенной формации южного обрамления Сибирской платформы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамов Б.Н., Чернышова Н.А.* Процессы альбитизации в связи с общим докембрийским рудогенезом в пределах Кодаро-Удоканской зоны // Изв. вузов. Геология и разведка. 2001. № 2. С. 52–59.
2. *Богданов Ю.В., Феоктистов В.П., Четкин В.С.* Металлогеническая карта Кодаро-Удоканского прогиба и его обрамления, масштаб 1 : 200 000. Л.: ВСЕГЕИ, 1984.
3. *Борзенко Г.Ф., Скляр Р.Я.* Приангарский меденосный бассейн // Советская геология. 1970. № 8. С. 96–106.
4. *Гаськов И.В., Симонов В.А., Ковязин С.В.* Эволюция физико-химических параметров и геохимических особенностей магматических расплавов в процессе развития колчеданных рудно-магматических систем Рудного Алтая и Тувы // Геология и геофизика. 2006. Т. 46, № 12. С. 1360–1370.
5. *Генкин А.Д., Филимонова А.А., Евстигнеева Т.Л. и др.* Сульфидные медно-никелевые руды норильских месторождений. М.: Наука, 1981. 234 с.
6. *Жмодик С.М., Миронов А.Г., Жмодик А.С.* Золото-концентрирующие системы офиолитовых поясов (на примере Саяно-Байкало-Муйского пояса). Новосибирск: Гео, 2008. 304 с.
7. *Наркелюн Л.Ф., Безродных Ю.П., Кулаков М.А.* Меденосность осадочных толщ юга Сибирской платформы // Советская геология. 1968. № 4. С. 58–70.
8. *Наркелюн Л.Ф., Безродных Ю.П., Трубочев А.И. и др.* Медистые песчаники и сланцы южной части Сибирской платформы. М.: Недра, 1977. 223 с.
9. *Салихов В.С., Безродных Ю.П.* Меденосные дельтовые отложения бассейна р. Малая Лена (Западное Прибайкалье) // Литология и полез. ископаемые. 1970. № 6. С. 114–119.
10. *Юшко С.А.* Методы лабораторного исследования руд. М.: Недра, 1966. 319 с.

Рецензент Е.С. Контарь

Mineralogical and geochemical features of the Kilcheris ore occurrence (Kodar-Udokan Zone)

B. N. Abramov, N. Y. Chernyshova

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch of RAS

The Kilcheris ore occurrence located in Verkhnekalsky basin of Kodar-Udokan Zone and spatially related to north-east tectonic faults zone. The mineralization is developed in crushed Vendian-Cambrian sandstones of Silimkunskaaya suite. The main ore body is formed by a disseminated and veinlet-disseminated mineralization. Copper maximum grade is 16.85%. The prevailing ore minerals are chalcopyrite, tennantite and pyrite. Metasomatic activities (feldspar alteration) associated with the processes of copper ore regeneration in the zones of tectonic faults are widely developed at the deposit site. The Kilcheris copper ore occurrence by its formation conditions, composition, ore body structure and geochemical features is related to Late Proterozoic cuprous sandstones of varicolored carbonate-terrigenous formation of the Siberian platform southern bordering.

Key words: Kodar-Udokan Zone, cuprous sandstones, Kilcheris ore occurrence.