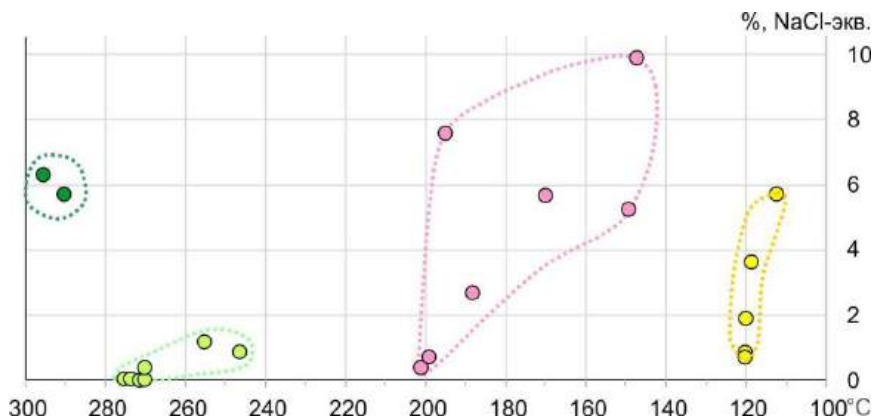




**Рис. Соотношение температура–солёность флюидных включений в кварце
Сохатинского месторождения**
(цветом выделены обособленные области, соответствующие отдельным ступеням минерализации)

Первый интервал отражает, видимо, переход от метаморфического этапа к гидротермальному. Вскипание этих растворов в результате подвижек по плоскостям надвигов привело далее к конденсации паровой фазы в виде низкоминерализованных растворов, маркером которых являются включения в диапазоне 275–245°C. С ними параллелизуется отложение раннего пирита. Широкий диапазон колебаний солёности растворов в интервале температур 201–147°C отражает основной этап рудоотложения с золото-полиметаллической минерализацией. Четвертая область на графике соответствует, видимо, формированию в узком температурном диапазоне 120–110°C висмут-сульфотеллуридной минерализации.

На Сохатинском месторождении сохранились фрагменты площадной остаточной палеоген-неогеновой коры выветривания с участками линейных кор выветривания вдоль рудовмещающих плоскостей надвигов. В связи с этим, в поверхностных условиях руды интенсивно окислены вплоть до образования глинистых агрегатов. Формированию золотоносной коры выветривания способствовала высокая (в сравнении с другими месторождениями района) сульфидность руд.

При этом порообразующие минералы преобразуются в монтмориллонит и каолинит. Пирит замещается аморфными агрегатами гидроокисидов железа – гетитом и гидрогетитом, в конечном итоге – рыхлым лимонитом. По халькопириту вначале образуется в виде каемок борнит, затем – ковеллин и халькозин, при максимальной степени выветривания в приповерхностных условиях – карбонаты меди (малахит и азурит). Более устойчивый галенит в зоне окисления замещается церусситом, сфалерит – смитсонитом.

Проба золота в зоне окисления составляет в среднем 858 ‰. Статистическая значимость отличия по составу гипергенного золота от гипогенного устанавливается с достоверной вероятностью 99,99 %. Таким образом, окисленное золото обогащено за счет процессов химического растворения и перераспределения первичного золота с выносом серебра. Существенных различий в морфологических особенностях и размерности гипогенного и гипергенного золота на сегодняшний день не установлено.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда № 24-27-00022.

Литература

1. Горячев Н.А. Геология мезозойских золото-кварцевых жильных поясов Северо-Востока Азии. – Магадан: Изд-во СВКНИИ ДВО РАН, 1998. – 210 с.
2. Тимкин Т.В., Ворошилов В.Г., Юркова М.В., Зиаи М. Минералогия руд Сохатинского золоторудного месторождения (Северо-Восток Азии, Россия) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов – 2022. – Т. 333. – № 4. – С. 53–65.
3. Борисенко А.С. Исследование солевого состава растворов газожидких включений в минералах методом криометрии // Геология и геофизика. – 1977. – № 8. – С. 16–27.
4. Bodnar R.J., Vityk M.O. Interpretation of microthermometric data for H₂O–NaCl fluid inclusions // Fluid inclusions in minerals: methods and applications. – 1994. – P. 117–130.

ТЕЛЛУРО-ВИСМУТОВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В РУДАХ КОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АБЫЗ И МАЛЕЕВСКОЕ (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)

Николаева А. Н.¹

Научный руководитель профессор А. К. Мазуров

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Целью настоящей работы являлось изучение морфологии и условий образования редкой теллуру-висмутовой минерализации в рудах колчеданных месторождений Малеевское и Абыз, расположенных в Республике Казахстан. Новая информация о данных примесных элементах позволит обеспечить более комплексное

использование минерально-сырьевых ресурсов. В ходе научной работы выполнен ряд исследований: минералогический анализ, сканирующая микроскопия и рамановская спектроскопия.

Месторождение Абыз находится на востоке Центрального Казахстана в Карагандинской области. Рудное поле приурочено к западной части Предчингизской зоны в области ее сочленения со структурами Токраурского синклинория, разделенных меридиональным Центрально-Казахстанским разломом [1, 2]. В геологическом плане месторождение сложено вулканогенно-осадочными отложениями айгыржальской, жалгызбийской и франской свит.

Месторождение Малеевское располагается в Зыряновском рудном районе Лениногорско-Зыряновской подзоны Рудно-Алтайской структурно-формационной зоны и приурочено к северо-западному флангу Малеевско-Путинцевской антиклинали, осложняющей северное замыкание Ревнюшинской структуры [3]. В геологическом строении участвуют вулканогенно-осадочные отложения маслянской свиты, а также осадочные отложения хамирской свиты.

Оруденение на данных месторождениях схоже по своим текстурно-структурным характеристикам и представлено двумя типами: сливным и вкрапленным.

В результате исследований было установлено, что колчеданные руды месторождений Абыз и Малеевское характеризуются довольно сложным минеральным составом, где в качестве редких отмечаются минералы Te-Bi состава.

На месторождении Абыз диагностированы такие минералы как алтаит (PbTe), гессит (Ag_2Te), теллуrowисмутит (Bi_2Te_3), раклиджит ($(\text{Bi,Pb})_3\text{Te}_4$), петцит (Ag_3AuTe_2), колорадоит (HgTe). Впервые в рудах были выявлены штюцит (Ag_5Te_3), ченгуодаит ($\text{Ag}_9\text{FeTe}_2\text{S}_4$) и калаверит (AuTe_2). Для минералов отмечается многообразие форм выделения (рис. 1), а также общее сходство – приуроченность к сульфидным минералам (пириту и халькопириту). Агрегаты характеризуются округлыми, неправильными, овальными, угловатыми, слабоизометричными и каплевидными формами, приуроченными к пустотам и трещинам в минералах-концентраторах. Размерность включений варьирует в пределах 1...20 мкм. Спорадически для таких минералов как алтаит, гессит и штюцит наблюдаются проволочковидные формы выделения, сформировавшиеся в результате заполнения минералами трещин в пирите и халькопирите. Агрегаты данного типа достаточно уплотненные и анизометричные вследствие ограничения стенками самих трещин. Соотношение их длины и мощности колеблется в диапазоне от 2:1 до 15:1, при этом средняя длина составляет 10 мкм. Калаверит, теллуrowисмутит и раклиджит нередко создают гнездово-вкрапленные скопления своих агрегатов.

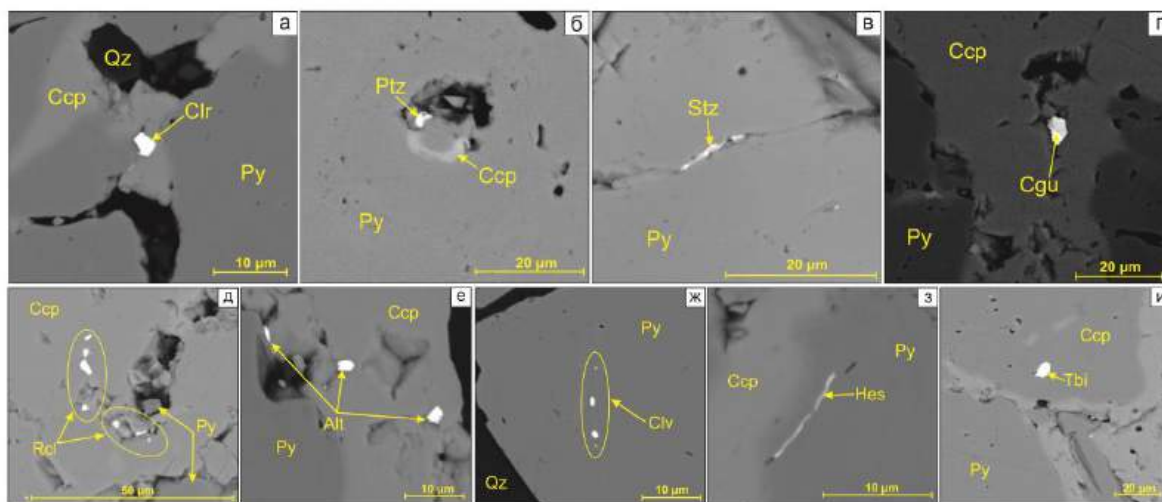


Рис. 1. Снимки со сканирующего электронного микроскопа, демонстрирующие включения колорадоита (а), петцита (б), штюцита (в), ченгуодаита (г), раклиджита (д), алтаита (е), калаверита (ж), гессита (з), теллуrowисмутита (и). Условные обозначения: Py – пирит, Qz – кварц, Cal – кальцит, Ccp – халькопирит, Sp – сфалерит, Gn – галенит, Alt – алтаит, Hes – гессит, Clv – калаверит, Tbi – теллуrowисмутит, Rcl – раклиджит, Stz – штюцит, Cgu – ченгуодаит, Ptz – петцит, Clr – колорадоит

В процессе изучения руд Малеевского месторождения выявлен обширный список минералов теллуrowисмутного состава: алтаит (PbTe), гессит (Ag_2Te), самородный висмут (Bi), сестроаит (Bi_3TeS_2), изоклейкит ($(\text{Pb}_{27}(\text{Cu}, \text{Fe})_2(\text{Sb}, \text{Bi})_{19}\text{S}_{57})$), а также неидентифицированный минерал с обобщенной минеральной формулой PbAg_2Te . Впервые в рудах были обнаружены такие минералы как плумботеллурит (PbTeO_3), цервеллеит (Ag_4TeS) и ксилингоит ($\text{Pb}_3\text{Bi}_2\text{S}_6$). Минеральные агрегаты имеют угловатые, овальные, интерстициальные, неправильные и каплевидные формы выделения (рис. 2). Обычно минералы развиваются по трещинам и пустотам в пирите и халькопирите, единично в сфалерите. Для плумботеллурита отмечаются единичные включения в рутиле, концентрирующиеся в пирите (рис. 2 в). Средний размер включений варьирует в пределах 3...20 мкм, изредка отмечаются агрегаты до 40 мкм. Для самородного висмута характерны ламеллевидные формы включений в ксилингоите и изоклейките (рис. 2 а, ж). В процессе изучения сливных руд было обнаружено включение неидентифицированного минерала с обобщенной формулой PbAg_2Te , образованного вследствие парагенезиса фаз $\text{Pb} - \text{Te}$ и $\text{Ag} - \text{Te}$, которые, судя по всему, являются сростаниями алтаита PbTe и гессита AgTe_2 . Включение минеральной фазы диагностировано в трещине пирита в виде вытянутого округлого зерна размером в длину 4,8 мкм.

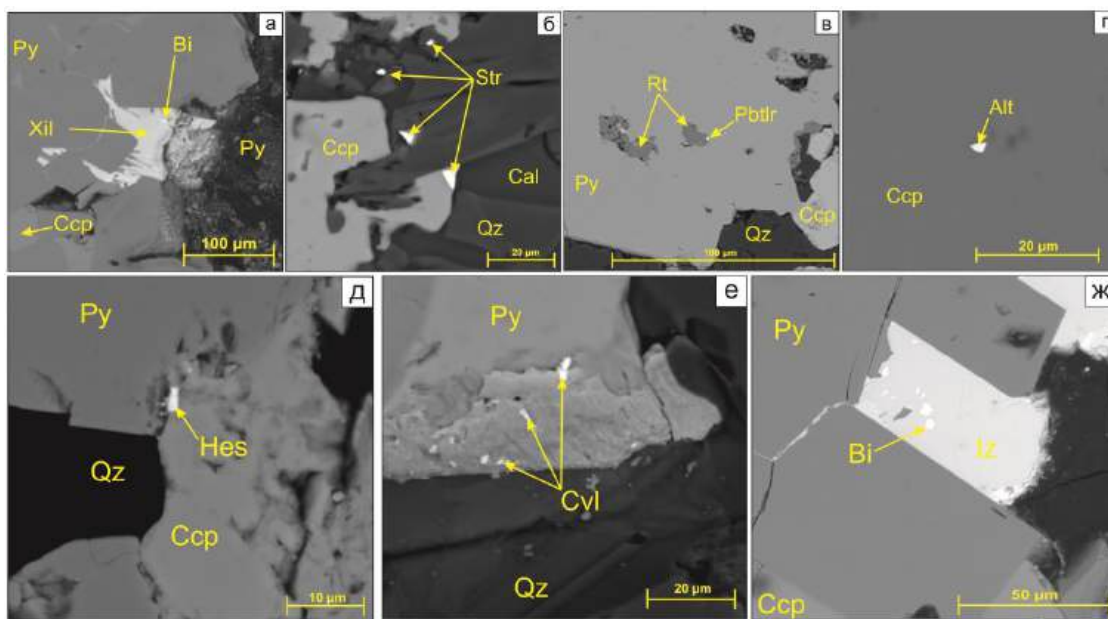


Рис. 2. Снимки со сканирующего электронного микроскопа, демонстрирующие включения ксиллингоита (а), строкаита (б), плумботеллурита (в), алтаита (г), гессита (д), цервеллеита (е), самородного висмута в изоклейките (ж). Условные обозначения: Py – пирит, Qz – кварц, Cal – кальцит, Ccp – халькопирит, Sp – сфалерит, Gn – галенит, Alt – алтаит, Hes – гессит, Cvl – цервеллеит, Xil – ксиллингоит, Pbtlr – плумботеллурит, Iz – изоклейкит, Bi – самородный висмут, Str – строкаит, Fb – фрейбергит

Таким образом, проведенные исследования позволили установить видовое разнообразие Те-Ві минерализации в рудах колчеданных месторождений Абыз и Малеевское. При этом отмечается, что как в качественном, так и в количественном отношении для руд месторождения Абыз наблюдается преобладание теллурического элемента, а для месторождения Малеевского – висмутового.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания «Наука № FSSWW–2023–0010».

Литература

1. Мазуров А.К. Металлогения и оценка рудоносности металлогенических комплексов островных дуг / А.К. Мазуров // Геология и охрана недр. – 2002. – № 3. – С. 2–10.
2. Мазуров А.К. Металлогеническое районирование Казахстана / А.К. Мазуров // Известия Томского Политехнического университета. – 2005. – Т. 308. – № 4. – С. 33–39.
3. Минералогическая карта Казахстана / Л.А. Мирошниченко, Н.М. Жуков, Х.А. Беспяев, Б.С. Ужкенов, А.К. Мазуров, А.Л. Киселев, Ф.Г. Губайдулин, Т.М. Жаутиков, Э.С. Воцалевский, Д.А. Шлыгин, В.М. Пилифосов, Т.М. Шлыгина // Геология Казахстана. – 2001. – № 3–4. – С. 73–85.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПО СХЕМЕ МОНОКРИСТАЛЛ-МНОКРИСТАЛЛ В ЛИТИСИТЕ И КУКИСВУМИТЕ

Паниковровский Т.Л., Яковенчук В.Н., Гойчук О.Ф., Калашникова Г.О.,
Базай А.В., Кривовичев С.В.

Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр» Российской академии наук,
г. Апатиты, Россия

Для щелочных массивов Кольского полуострова распространено явление посткристаллизационных преобразований первичных минералов. Данные процессы могут сопровождаться процессами катионного обмена и даже глобальными перестройками кристаллических структур. Выдающимся отечественным минералогом А.П. Хомяковым [1] подобные минералы было предложено называть трансформационными, что отражает особенности их образования.