

*Ярош П. Я.* Диагенез и метаморфизм колчеданных руд на Урале. М.: Наука, 1973. 239 с.

*Goodfellow W. D., McCatcheon S. P.* Geological and genetic attributes of volcanic-sediment-hosted massive sulfide deposits of the Baturst Mining Camp, Northern New Brunswick – a synthesis // *Economic Geology Monograph*. 2003. Vol. 11. P. 497–512.

*Maslennikov V. V., Maslennikova S. P., Large R. R., Danyushevsky L. V.* Study of trace element zonation in vent chimneys from the Silurian Yaman-Kasy VHMS (the Southern Urals, Russia) using laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-ICP MS) // *Economic Geology*. 2009. Vol. 104. P. 1111–1141.

*Petersen E. U.* Tin in volcanogenic massive sulfide deposits: an example from the Geco Mine, Manitouwadge district, Ontario, Canada // *Economic Geology*. 1986. Vol. 81. P. 323–342.

***И. А. Блинов***

*Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс  
ivan\_a\_blinov@mail.ru*

### **Гипергенные минералы бурых железняков Амурского месторождения (Ю. Урал)**

Амурское цинковое месторождение находится в Брединском районе Челябинской области. Месторождение было открыто по выходам бурых железняков [Штейнберг и др., 1976ф]. В 2007–2008 гг. на месторождении проведены разведочные работы, по результатам которых выделены тела окисленных «несульфидных» цинковых руд. Зона окисления Амурского месторождения имеет линейную морфологию и приурочена к тектоническому шву. Промышленный интерес представляли глинистые продукты гипергенных изменений перекрывающих вулканитов с содержаниями цинка до 3 мас. % в форме сорбированного комплекса смектитизированных хлоритов и слюд [Отчет..., 2008ф; Белогуб, 2009]. Поверхностная зона окисления, представленная бурыми железняками, не представляла экономического интереса и осталась недоизученной, в связи с чем сформулирована цель данной работы – характеристика гипергенных минералов в бурых железняках Амурского месторождения.

Было изучено 4 аншлифа, изготовленных из керна материала. Химический состав минералов определен автором на СЭМ Vega 3 sbu Tescan с ЭДС Oxford Instruments X-act.

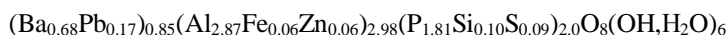
Бурые железняки представлены различными структурно-текстурными разновидностями. Основными типами являются сплошные агрегаты гидроксидов железа и кварцевые брекчии, в которых гидроксиды железа являются цементом или вкраплены в кварцевом агрегате. Основные новообразованные минералы – гетит и гидрогетит, также выявлены барит, минералы группы крандаллита, селениды (тиманнит и клаусталит), единичные зерна природной латуни, золота, йодаргирита и гипергенного сфалерита.

Гидроксиды железа широко распространены в виде сплошных массивных, ноздреватых агрегатов. Они цементируют кварцевые зерна, пропитывают мелкозернистый кварц, придавая ему бурую окраску, и представлены массивными, радиально-

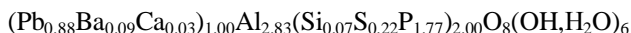
лучистыми, натечными, почковидными, спутано-волокнистыми агрегатами. Наличие конформных обломков агрегатов гидроксидов железа указывает на просадки во время формирования железной шляпы.

Элементы-примеси характерны для радиально-лучистых, спутано-волокнистых, реже – натечных разновидностей. В большинстве натечных и почковидных агрегатов примеси, при чувствительности прибора около первых сотых долей процента, не зафиксированы. Содержания Zn и Pb не превышают 0.5 и 2.8 мас. % соответственно. Отмечаются примеси V и Ti до 0.6 мас. %. Корреляционный анализ данных 50 анализов показал, что Zn имеет значимую отрицательную связь с Ca (–0.6), а Pb – положительную с Ba и K (1.0), что вероятно, связано с первичной ассоциацией галенита и барита.

Следующими по распространенности гипергенными минералами являются минералы группы крадаллита, близкие к горсейкиту



и плюмбогумиту



(таблица, коэффициент при гидроксильной группе – теоретический). Содержания Zn в изученных зернах не превышает 0.8 мас. %, при этом в гетите, обрастающем крадаллитом, цинк не обнаружен, но присутствует свинец (см. табл.). Корреляционный анализ по данным 16 анализов показывает, что в минералах группы крадаллита Zn характеризуется положительной связью с P (0.8) и Ba (0.7), отрицательной – с S (–0.8), Pb (–0.9) и Ca (–1.0). В то же время Pb образует только отрицательные связи с Ca (–0.7), Zn, Sr (–0.8) и Ba (–1.0), которые, за исключением Zn, входят в одну кристаллохимическую позицию с Pb.

Т а б л и ц а

**Состав зонального кристалла крадаллита (1–4) и гетита (5), мас. %**

№ п.п.	№ спектра	Pb	Sr	Ba	Al	Fe	Zn	V
1	12323s	8.69	–	17.79	14.43	1.18	0.87	–
2	12323t	13.33	1.03	15.96	14.16	1.16	0.75	–
3	12323u	4.19	1.96	16.86	12.92	1.18	0.99	–
4	12323v	32.64	–	–	12.93	1.32	–	–
5	12323w	1.36	–	–	0.84	61.94	–	0.31

О к о н ч а н и е т а б л .

№ п.п.	№ спектра	P	Si	S	Ca	O	Сумма
1	12323s	10.39	–	–	0.08	37.23	90.66
2	12323t	10.53	0.34	–	0.07	37.93	95.25
3	12323u	10.64	0.32	0.19	0.14	33.23	82.63
4	12323v	7.68	–	2.15	Н.о.	32.74	89.45
5	12323w	0.42	0.8	–	0.18	34.16	100.00

**Примечание.** Данные исследований на СЭМ. Прочерк – не обнаружено. Низкая сумма связана с мелкими размерами зерен и присутствием воды в структуре минералов группы крадаллита.

Форма кристаллов минералов группы крандаллита, размеры которых не превышают 50 мкм, и их непостоянный состав указывают на нестабильные условия минералообразования, характерные, в целом, для формирования зон окисления (рис., см. вкладку, стр. 157). Центральная часть кристалла представлена минералом, близким к горсейкиту. После хрупкой деформации трещины и внешняя зона залечена плюмбогумитом. В некоторых зернах наблюдалась сложная зональность плюмбогумит–горсейкит–плюмбогумит. На кристаллы минералов группы крандаллита всегда нарастают гидроксиды железа.

Барит – также распространенный минерал. Образует кристаллы, скопления и сростки размером до 0.5 мм. Встречается, главным образом, в порах, трещинах, пустотах бурых железняков, что указывает на его гипергенное происхождение. Примеси не выявлены. Присутствие бария в минералообразующей системе может быть связано с разрушением плагиоклазов вмещающих вулканитов.

Тиманнит и клаусталит образуют зерна размером до 20–40 мкм. Встречаются как самостоятельные агрегаты в порах и трещинах, так и включения и сростания с минералами группы крандаллита, реже – в гидроксидах железа. Нередки тонкие сростания обоих селенидов. Химический состав не содержит примесей.

Золото образует зерна размером до 10 мкм и встречается, главным образом, в трещинах, пустотах, реже – как включения в почках гидроксидов железа. Примеси серебра и меди не выявлены. Тем не менее, по составу и структуре золото можно разбить на две группы. Одна группа частиц золота на спектрах содержит минимальные количества примесей и во вторичных электронах выглядит намного ярче, чем окружающие минералы. Для части выделений на энергодисперсионных спектрах выявляются Si, Al, O, и при просмотре с помощью детектора вторичных электронов такое золото лишь немного ярче, чем гидроксиды железа.

Сфалерит образует редкие зерна размером до 15 мкм и идиоморфные кристаллы в трещинах и пустотах среди гидроксидов железа, что свидетельствует о его гипергенном происхождении. Содержание железа в сфалерите достигает 10 %.

Йодаргирит встречается в виде редких мелких зерен размером до 3 мкм, главным образом, в участках массивных сливных агрегатов гидроксидов железа. Йодбром-хлораргирит также найден в виде редких, мелких зерен размером до 1.5 мкм (содержания анионов возрастают в ряду I, Br, Cl). Подобно йодаргириту, он приурочен к участкам массивных сливных агрегатов гидроксидов железа. Однако эти галогениды серебра пространственно разобщены и встречаются в разных образцах.

Самородная латунь и цинкит представлены единичными зернами размером около 5–6 мкм в трещинах агрегатов гидроксида железа.

Таким образом, проведенные электронно-микроскопические исследования показали неоднородность химического состава гидроксидов железа и минеральное разнообразие бурых железняков Амурского месторождения. Здесь впервые выявлены гипергенные минералы, принадлежащие к классам самородных веществ, сульфидов, селенидов, фосфатов, галогенидов, сульфатов, оксидов.

Мелкие размеры минералов и их непостоянный состав свидетельствуют о многократной смене условий минералообразования. На переходы между восстановительными и окислительными условиями указывают нахождение в одном образце таких редких минералов-индикаторов как гипергенный сфалерит, цинкит, самородная латунь, селениды, крандаллит и гидроксиды железа. Находка селенидов ртути и свинца в железной шляпе подтверждает тезис об их более высокой устойчивости в окислительных условиях, чем сульфидов аналогичных металлов [Belogub et al., 2008].

В геохимическом плане в зоне окисления происходит разделение Zn и Pb. Более высокие содержания Zn в гипергенных минералах характерны для глинистых продуктов изменения вулканитов из более глубоких частей профиля окисления, а Pb – в близких к поверхности бурых железняках.

*Автор благодарен Е. В. Белогуб и К. А. Новоселову за помощь в работе. Работа выполнена при поддержке гранта 12-05-31188 мол\_а.*

### Литература

*Белогуб Е. В.* Гипергенез сульфидных месторождений Южного Урала. Дис. ... докт. геол.-мин. наук. Миасс: ИМин УрО РАН, 2009. 536 с.

Отчет о результатах поисково-оценочных работ, выполненных в 2007–2008 гг. на Амурском месторождении цинковых руд с подсчетом запасов по состоянию на 01 октября 2008 г. Ответ. исполнители *Баль В. И., Пужаков Б. А.* Челябинск, 2008ф. 232 с.

*Штейнберг А. Д., Абдуллин Р. З., Скопина Н. А. и др.* Отчет о результатах геофизических и геолого-поисковых работ м-ба 1 : 25000 на площади Амамбайской и Амурской рудоносных зон в Агаповском, Кизильском и Брединском районах Челябинской области за 1972–76 гг. Том 1 – текст отчета. Челябинск–Магнитогорск, 1976ф. 294 с.

*Belogub E. V., Novoselov K. A., Yakovleva V. A., Spiro B.* Supergene sulphides and related minerals in the supergene profiles of VHMS deposits from the South Urals // *Ore Geology Reviews*. 2008. Vol. 33. Is. 3–4. P. 239–254.

*А. Г. Гладков*

*Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс  
black.gnom@mail.ru*

### **Сравнение термоЭДС оруденелой фауны месторождения Сафьяновское (Средний Урал) и гидротермального поля Галапагосского рифта (Тихий океан)**

(научный руководитель В. В. Масленников)

Термоэлектрический эффект в минералах-полупроводниках заключается в возникновении в них градиента температуры термоэлектродвижущей силы – термоЭДС. Для большей части полупроводников коэффициент термоЭДС зависит от химического состава минералов, количества примесей в них и изменяется с повышением или понижением температуры. Возникновение в полупроводнике термоЭДС связано с изменением концентрации и кинетической энергии свободных носителей электрических зарядов (электронов и дырок) и их диффузией из более горячей области полупроводника в область с пониженной температурой. Это приводит к возникновению в полупроводнике зарядов свободных носителей электричества и противоположных по знаку зарядов ионов кристаллической решетки, что влечет за собой возникновение внутреннего электрического поля. Следует отметить, что электрический ток, возникающий при миграции электронов, носит постоянный характер [Гинзбург, 1985].

Для исследования термоэлектрических свойств минералов был применен зондовый метод с использованием двух зондов в виде заостренных медных стержней.