

**ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛОВ
В ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ**

Бадалов С.Т. (badal@ingeo.uz)

Узбекистанское Минералогическое общество.

Институт геологии и геофизики Академии Наук Республики Узбекистан

TIPOMORPHIC FEATURES OF MINERALS WITHIN TECHNOGENIC DEPOSITS

Badalov S.T.

Mineralogical Society of Uzbekistan.

Institute of Geology and Geophysics, Uzbekistan Academy of Sciences

Техногенные месторождения весьма разнообразны как по своему составу, так и условиям их образования и нахождения. Из них в данной работе будут кратко рассмотрены только техногенные отходы, возникшие при переработке медно-молибденовых руд в Алмалыкском рудном районе Узбекистана. Само месторождение Кальмакыр является уникальным как по своим масштабам и значимости, так и по комплексности кондиционных содержаний многих элементов в минералах: в пиритах и халькопиритах - золота, серебра и платиноидов; в молибдените - рения и изотопа осмия-187, а также другими ценными элементами-примесями (Бадалов, 2006). Месторождение эксплуатируется карьерным способом уже около 60 лет. Сам карьер достиг глубин более 400 м, а по площади составляет 7*5 км.

Количественные соотношения минералов как абсолютные, так и относительные примерно составляют: пирита к халькопириту и молибдениту как 1000:200:1, что по их содержаниям соответствует (в %) как 5,0; 0,9; 0,005.

Основными типоморфными особенностями этих главных рудных минералов являются: 1) для пирита - обычно представлен в виде кристаллов кубической формы с размерами от долей миллиметра до нескольких сантиметров; чаще всего находится в ассоциации с халькопиритом; 2) халькопирит часто ксеноморфен, хотя иногда встречается в виде кристаллов тетрагональной формы, но ромбической сингонии; реже представлен обособленными гнездами; 3) молибденит, как правило, находится в виде мельчайших выделений листоватой формы, а образуется в наиболее ранних кварцевых прожилках, которые пересекаются более поздними рудными и безрудными образованиями.

По времени своего образования все они в целом представлены различными телами от двух-трех до четырех генераций или стадий рудного процесса. По типохимизму, который нередко предопределяет и типоморфные особенности этих минералов, а также по времени их возникновения в каждой из стадий, от наиболее ранних к поздним ассоциациям, отмечаются особенности в изменениях содержаний в них элементов-примесей, т.е. золота, серебра, рения, осмия и других, в части из которых примеси увеличиваются по содержаниям, тогда как для других характерно их уменьшение.

Сама морфология возникших кристаллов зависит от многих причин, одной из которых является содержание в них элементов-примесей, наиболее характерными из которых являются (в порядке уменьшения их содержаний): 1) для молибденита - Re, Se, Ag, Te, Au и Os¹⁸⁷; 2) для халькопирита - Au, Ag, Bi, Ni, Co и Se и 3) для пирита - Co, Ni, Bi, Se, Te, Au и Ag. Форма нахождения каждого из элементов-примесей может быть разнообразной - от изоморфно-изоструктурного вхождения и вплоть до включений различных размеров.

Особенностью месторождения Кальмакыр является его возраст, который определен по рений-осмиевому методу и составляет около 300 млн. лет ($\pm 10\%$). За это время из каждых 1000 г/т рения в молибдените в нем возникло [согласно схемы $Re^{187} \rightarrow Os^{187}$ с периодом полураспада $T = (6,2 \pm 0,6) * 10^{10}$ лет] около 3,5 гр осмия-187. Характерно также, что существует обратная зависимость между содержанием рудного минерала и количеством конкретных элементов-примесей в нем. Очевидно, что именно в связи с этим при очень низких количествах молибденита в рудах содержание изоморфной примеси рения в нем может достигать до 2000 г/т и более, тогда как в собственно молибденитовых рудах оно составляет обычно до 100 г/т. Одной из причин избирательного вхождения элементов-примесей в минералы, кроме изоморфизма, является наличие в них и других примесей, способствующих их совместному нахождению.

Техногенные месторождения в Алмалыкском рудном районе представлены как отвалами пустых вмещающих пород, так и бедных руд. Понятие о бедности руды или отвалов является относительным, т.к. все зависит как от технологических возможностей более полного их извлечения, так и от необходимости их вторичного использования при их смешивании с более богатыми рудами с целью получения кондиционной для процессов обогащения руды. Все эти процессы происходят на ранних стадиях обработки рудного материала. Так, например, из общего количества отходов и бедных рудных отвалов общей массой более миллиарда тонн вещества, к возможному повторному их использованию могут быть использованы около 200 млн. тонн.

В связи с тем, что эксплуатация рудных месторождений района продолжается длительное время, то за этот период часть минеральных форм рудных минералов, представленных только сульфидными соединениями (FeS_2 , MoS_2 , CuFeS_2 и др.), претерпела процессы окисления в отвалах и отходах бедных руд. В результате этого значительная часть рудообразующих и редких элементов оказалась в форме окислов и гидроокислов, а золото в них сохранилось в самородном состоянии. Для подобных окисленных руд требуется иная технология, которая должна вновь переводить их в сернистые соединения, а затем уже они подлежат флотации или другим видам обогащения. Нередко, особенно для комплексных по составу руд, должны быть специально разработаны новые технологии, позволяющие извлекать ценные минералы в наибольшей степени. Это касается и такого ценнейшего элемента как золото, которое в растворенном состоянии может быть представлено более чем в 10 формах нахождения. Для этих целей нами еще в 1960-1970 гг. была разработана специальная технология, позволяющая извлекать золото из различных его форм нахождения, однако к сожалению и до настоящего времени из золоторудных отходов извлекается не более 30% находящегося в них золота.

Характерным примером типоморфизма может служить природное соединение FeS_2 , которое в обычных условиях представлено кристаллами кубической сингонии, а в земной коре пирит от общего количества всех сульфидных минералов составляет не менее 95%, тогда как в породах, обогащенных органическим веществом (торф, угли и др.) данное соединение представлено марказитом, т.е. минералом уже ромбической сингонии. Типоморфизм характерен для большинства рудных минералов, и в каждом случае он может служить индикатором строго определенных, нередко необычных, условий своего образования. К сожалению эта проблема для большинства минералов, особенно их разновидностей, еще не решена.

Не менее важно выяснение причин связанных с тяготением некоторых химических элементов-примесей к строго определенным минералам. В связи с этим совершенно не случайно, что рений в рудообразующем процессе в максимально-возможной степени концентрируется в основном только в молибдените, а золото в халькопирите, серебро в галените и т.д. Если в молибдените все обусловлено изоморфным замещением молибдена рением, согласно диагональному ряду изоморфизма по А.Е. Ферсману, то в случае с халькопиритом золото тяготеет к меди, как своему аналогу по Периодической системе элементов, т.е. вероятнее всего это вхождение в CuFeS_2 изоструктурных соединений золота типа AuFeS_2 или CuAuS_2 .

Синхронное, а не наложенное, золото при его вхождении в кристаллизующийся пирит связано, вероятнее всего, с очевидной изоструктурной близостью AuS_2 с FeS_2 . Само же золото в рудообразующих растворах несомненно представлено своими многими растворимыми формами нахождения. От вхождения, особенно в значительных содержаниях, элементов-примесей в минералы-концентраты и носители часто зависят их типоморфные особенности, а также типохимизм минералов, которые очень тесно взаимосвязаны между собой. Так, например, вхождение железа в сфалерит, вплоть до образования марматита - $(\text{Zn,Fe})\text{S}$, также как наличие серебра в галените $(\text{Pb,Ag})\text{S}$, рения и селена в молибдените - $(\text{Mo,Re})(\text{S,Se})_2$ и многих других случаях. Данная проблема весьма интересна, т.к. позволяет проводить как более полное извлечение минералов-концентратов, а также может быть использована в качестве индикаторов на возможное нахождение новых типов месторождений.

Список литературы

Бадалов С.Т. Некоторые экологические особенности горно-рудных предприятий Ангрэн-Алмалыкского района (на изотопном уровне) // Горный вестник Узбекистана, 2006. № 4. С. 84-85.

Бадалов С.Т. Технологическая минералогия золотосодержащего сырья // Обогащение руд, 2006. № 6. С. 17-18.

Бадалов С.Т. Геохимические проблемы минералогии // Теория, история, философия и практика минералогии. Сыктывкар: изд-во ИГ КомиНЦ УрО РАН, 2006. С. 15-16.