

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА
КОМПЛЕКСНЫХ РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ РУД

Левченко Е.Н. (levchenko@imgre.ru), Максимюк И.Е. (inna_maximyuk@imgre.ru), Куликова И. М. (kulikova@imgre.ru)
Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов, Москва, Россия

FEATURES OF THE DETERMINATION OF THE MINERAL COMPOSITION OF
COMPLEX RARE METAL ORES

Levchenko E.N., Maximyuk I.E., Kulikova I.M.

Moscow branch. Institute of Mineralogy, Geochemistry, and Crystal Chemistry of Rare Elements (IMGRE), Moscow, Russia

Редкометалльные руды являются комплексными, труднообогатимыми или практически необогатимыми, в связи с чем для изучения их требуются специальные минералого-технологические исследования. Определение минерального состава и текстурно-структурных особенностей руд имеет первостепенное значение для их типизации и оценки технологических свойств.

Среди минералов, содержащих редкие элементы, условно можно выделить две группы. Одна – собственно редкометалльная, в которой редкие элементы определяют их состав и структуру. Другая – в которой редкие элементы в виде изоморфной примеси входят в состав минералов. Вследствие рассеянного состояния и низких концентраций редких элементов, их собственные минералы представлены нередко выделениями на пределе разрешающей способности оптического микроскопа, что позволяет отнести их к ультрамикроскопическим.

На протяжении ряда лет в ИМГРЭ при изучении сложных комплексных редкометалльных руд используются методы, обеспечивающие выполнение полных количественных анализов, диагностики минералов и включений в них (микронных размеров). Это методы электронной микроскопии, рентгенографический количественный фазовый анализ (РКФА), рентгеноспектральный микроанализ (РСМА).

При изучении касситеритов и вольфрамитов из месторождений различных генетических типов выявлено, что тантал и ниобий являются типоморфными элементами-примесями. Исследование их формы нахождения показало, что тантал и ниобий находятся в касситеритах и вольфрамитах в двойной форме – как в виде микро- и субмикровключений собственных минералов, так и в виде изоморфной примеси. В изученных образцах с содержанием суммы пентоксидов тантала и ниобия более 0,1% (в касситеритах) и более 0,5% (в вольфрамитах), как правило, постоянно обнаруживаются микро- и субмикровключения собственных минералов тантала и ниобия.

Молибденит является основным концентратом рения. Форма вхождения рения в кристаллическую структуру молибденита из медно-порфировых месторождений, кварцево-жильно-грейзеновых руд и др. изучена

с использованием РСМА и морфологического анализа растровых изображений во вторичных электронах и обратно рассеянных электронах. Результаты РСМА не показали различий в распределении рения в молибденитах из месторождений различных генетических типов. Анализ изображений позволил выявить дефекты структуры кристаллов исследованных образцов: расщепление на тонкие слои, интенсивный рост дендритов, образование винтовых, краевых и других дислокаций. Форма вхождения примесных ионов в структуру молибденита в значительной степени связана со структурными дефектами. Атомы рения часто концентрируются на дислокациях.

Рениеносные высокотемпературные фумарольные концентрации – принципиально новый тип современной рениевой минерализации в виде тонких корковых сублиматов микровыделений ReS_2 (рениита), сульфидов Cd , Pb , Bi , Mo , оксидов Mo , хлоридов Na , K в зонах фумарол и измененных породах. Были изучены формы нахождения молибдена и рения, а также особенности извлечения рения из газовой и твердой фаз.

Характерной чертой Алгаминского рудопроявления являются тончайшие срастания микрокристаллов циркона и бадделеита (размером порядка 200 ангстрем) с аморфными фазами, содержащими гидроксильную составляющую и карбонаты циркония. Особенности распределения диоксида циркона, представленного собственными минеральными фазами, присутствующими в основном в тонкодисперсном материале циркон-бадделеитовых руд Алгаминского рудопроявления, определили комплекс минералогических методов изучения (высокоразрешающая оптическая и аналитическая электронная микроскопия, рентгенографический и микрорентгеноспектральный анализы), позволившие выявить особенности рудных агрегатов, определить их состав, установить морфометрические характеристики циркона и бадделеита.

Для прогнозирования технологии переработки руды и ожидаемых показателей обогащения необходимы сведения об ее количественном минеральном составе, включая фазы, присутствующие в весьма незначительном количестве, или имеющие микро-нанометровый размер. Примером могут служить редкометалльные руды Чуктуконского месторождения, представленные корой выветривания карбонатитов высокой дисперсности и характеризующиеся низкой степенью высвобождения полезных минералов из сростков. Руды являются комплексными и содержат, помимо редкоземельных металлов (среднее содержания $\Sigma\text{РЗЭ}$ 7,32%), ниобий (среднее содержание 0,7%), марганец (среднее содержание 12,83%) и железо. Минералы редких земель представлены разнообразной группой минералов, главными из которых являются монацит и флоренсит, реже встречаются черчит, бастнезит, церианит. Ниобиевая минерализация связана с минералами группы пирохлора стронциевой, бариевой и цериевой разновидностями. Монацит надежно идентифицирован и изучен комплексом методов минералогического анализа, среди которых доминировали методы прецизионной минералогии (рентгенографический и микрорентгеноспектральный). Церианит присутствует в оолитовых и натечных бурых железняках в виде псевдоморфоз по монациту, либо примазок на

поверхности оолитов или на стенках трещин, заполненных натечными оксидами и гидрооксидами железа и марганца. Монацитовый и церианитовый агрегаты представляют собой ажурную сетку, образованную сросшимися разноориентированными длиннопризматическими трубчатыми кристаллами. Эти микрокристаллы не занимают всего пространства и между ними сохраняются пустоты и поры, что наряду с гидратированностью минералов служит причиной пониженных сумм микрозондовых анализов. Особенностью поверхностного горизонта коры выветривания Чуктуконского месторождения является проявление фракционирования редких земель, связанное с окислением церия. С увеличением валентности церий проявляет склонность к выделению из группы редкоземельных элементов в монаците и образованию собственной минеральной фазы – церианита. Фракционирование происходит на минералогическом уровне и обычно не меняет общего состава лантаноидов, поскольку компенсируется изменением состава лантаноидов в монаците. Последний приобретает не свойственный ему селективный лантановый или лантан-неодимовый состав лантаноидов. Способность некоторых РЗЭ к окислению или восстановлению используют в схемах разделения при получении из минералов лантаноидов высокой степени чистоты.

Практическое следствие полученных результатов заключается в том, что в едином процессе геологического изучения недр минералого-технологическая оценка минерального сырья является его неотъемлемой частью, обеспечивая выбор наиболее перспективных объектов для дальнейшего изучения на ранних стадиях и условия рационального промышленного использования ценных месторождений.

Куликова И.М., Максимюк И.Е. Морфологические исследования формы вхождения примесных атомов в кристаллическую решетку молибденита// Новые данные о минералах. 2013. вып. 48. С. 71-81.

Лапин А.В., Куликова И.М., Левченко Е.Н., Набелкин О.А. Фракционирование редких земель в поверхностном горизонте бурых железняков на корях выветривания карбонатитов Чуктуконского месторождения.//2017. В печати.