

вания для вывода о том, что при формировании месторождений медно-порфирирового и колчеданного типов, в рудообразующих растворах присутствовала сера сульфата морских вод.

Расчеты средних значений изотопного состава сульфидов медно-порфирировых и колчеданных месторождений позволили установить, что около 90 % всех определений находятся в пределах от +6,0 до -6,0 ‰. Этот интервал изотопных вариаций характерен для серы глубинного источника или серы пород основного состава [1]. Такие данные дополняют доводы в пользу связи перечисленных типов оруденения с магматизмом. В то же время, изотопный состав сульфатов указывает на то, что в рудообразующих растворах присутствовала сера морского сульфата.

Изотопный состав серы сульфидов и сульфатов месторождений стратиформного типа характеризуется широким диапазоном единичных и средних значений. Эти данные хорошо согласуются с представлениями о низкотемпературных условиях формирования и удаленности данных руд от зон интенсивного магматизма.

Таким образом, геологические особенности формирования месторождений меди оказывают существенное

влияние на изотопные характеристики серы сульфидов и сульфатов. Однако это влияние бывает чаще всего опосредованным. Оно проявляется в изменении физико-химических условий рудообразования, вовлечении в рудообразование глубинной серы и серы морского сульфата, создании условий необходимых для активной работы сульфат-редуцирующих бактерий. Все это указывает на то, что для получения объективных данных нужно выполнять большой объем изотопных определений из различных минеральных парагенезисов и зон месторождений. Расшифровку изотопных данных по сере необходимо проводить в тесной увязке с минералогическими и геологическими данными.

Литература: 1. *Омото Х., Рай Р. О.* Изотопы серы и углерода // Геохимия гидротермальных рудных месторождений. М.: Мир, 1982. С. 405–450. 2. Рудные месторождения СССР / Под ред. В. И. Смирнова: В 3 т. М.: Недра. Т. 2. 1974. С. 99–168. 3. *Скуратов В. Н.* Вещественный состав и зональность рудных тел // Учалинское медно-цинковоколчеданное месторождение уральского типа. Уфа, 1992. С. 45–79.

В. Н. Скуратов

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КОМПЛЕКСНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ МЕДНОКОЛЧЕДАНЫХ РУД БАШКОРТОСТАНА

Руды медноколчеданных месторождений Башкортостана являются источником поликомпонентного сырья. Однако из этих руд извлекаются преимущественно медь, цинк, сера. Остальные компоненты извлекаются в незначительных количествах. Это обусловлено тем, что значительные количества редких и благородных металлов в ходе селективного разделения руд переводятся в пиритный концентрат. Из него по существующей технологии извлекают серу (для производства серной кислоты) и частично селен и теллур. Такие компоненты как железо, золото, серебро, медь, цинк, свинец, индий, германий, кобальт с пиритными огарками направляются в отвалы и цементную промышленность. Расчеты указывают на то, что стоимость редких и благородных металлов в медноколчеданных рудах составляет более 50 % от стоимости основных металлов. Объемы переведенных в отвалы металлов огромны. Это хорошо видно на примере золота и серебра. От всего объема в рудах в продуктивные концентраты извлекается около 10 % благородных металлов. Остальные количества золота и серебра уходят в отвалы. Но так как золото и серебро из отвальных продуктов не извлекаются, то и обогатительные комбинаты за эти металлы не получают ни рубля. Если добиться увеличения извлечения золота и серебра в нужные продуктивные концентраты только на 1 %, то по существующим на мировом рынке ценам это составит примерно 507200 долларов США.

Такая ситуация обусловлена тем, что технологические схемы переработки медноколчеданных руд разрабатывались в конце 50-х годов. Тогда существовало представление о тонкодисперсном вхождении практически всего золота и серебра в пирит. Делался вывод, что селективными методами флотации медноколчеданных руд невозможно разделять золото и серебро целенаправленно по продуктивным концентратам. Благородные металлы останутся в пирите и в основной своей массе перейдут в пиритный концентрат. В последующие годы было установлено, что значительная часть золота и серебра в медноколчеданных рудах имеет собственные минеральные формы. Отсюда возникает возможность их перераспределения в нужные продуктивные концентраты. Эти выводы получили промышленное подтверждение. Так, на Гайской обогатительной фабрике благодаря небольшим изменениям в технологии переработки медноколчеданных руд извлекали около 50 % золота в медный и цинковый концентраты. На Учалинской обогатительной фабрике из тех же руд и с того же месторождения извлекали в медный и цинковый концентраты около 15 %. Такие примеры можно привести не только по золоту и серебру, но и по другим металлам.

Чтобы повысить извлечение всех металлов в продуктивные концентраты, нужно внести коррективы во всю технологическую цепочку от добычи до переработки руд на обогатительной фабрике. В этой технологической схеме необходимо предусмотреть селективную выемку

руд, содержащих высокие концентрации золота и серебра, и их отдельное от других руд обогащение с привлечением отсадочных машин. Необходимо отрегулировать реагентный режим селективного обогащения руд с целью создания благоприятных условий для перевода минеральных форм золота и серебра в медный концентрат. Привлекательность именно этого направления заключается в том, что максимальное извлечение попутных компонентов будет способствовать повышению экономической рентабельности переработки рудного сырья. Самое главное, что это наиболее быстрый и экономичный способ, так как не нужно строить новых фабрик (используется прежнее оборудование). Меняются только идеи, заложенные в технологические схемы, да докупается некоторая часть оборудования, затраты на которое не сравнимы со строительством новых

фабрик. В последующем необходимо внедрить гидрометаллургические методы переработки медноколчеданных руд. Это будет способствовать увеличению комплексности переработки рудного сырья и резкому возрастанию процента извлечения основных, редких и благородных металлов в ценные продукты, позволит переработать большие запасы металлов в хвостохранилищах обогащительных фабрик. Все вместе это приведет к оздоровлению экологической ситуации в районах горнорудных предприятий.

Исследования медноколчеданных руд Башкортостана и продуктов их обогащения позволяют говорить о необходимости и возможности повышения комплексности переработки рудного сырья. Наши утверждения подтверждаются опытом работы многих горно-обогатительных предприятий, как в России, так и в мире.

***И. А. Хайретдинов, О. М. Петров, А. П. Калташев,
Н. А. Андриянова, Н. П. Кононенко***

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ СЛЕДСТВИЯ ИЗ ЭЛЕКТРОГЕОХИМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РУДООБРАЗОВАНИЯ

С 1990 г. ЭГХ-модели применялись нами при прогнозе и поисках месторождений колчеданной формации. В Зауралье мы изучали рудоконтролирующие кольцевые структуры (РКС) рудных районов: Баймакская, Подольская, Октябрьская, Гайская и Учалинская. Огромный объем проанализированного материала позволил сформулировать систему взаимосвязанных положений, которые мы оцениваем как наиболее существенные следствия фундаментального значения. Они суммируют самое важное для понимания особенностей образования и пространственного размещения месторождений.

Наши материалы получены комплексными исследованиями с использованием сведений о геологии, планов геофизического картирования (с особым вниманием к результатам гравитационной, магнитной съемки и метода вызванной поляризации), геохимического опробования поверхности и керны поисковых и съемочных скважин, планов расположения месторождений и рудных проявлений. К комплексу методов мы предъявляли следующие требования: 1) причинные связи собираемых сведений должны быть понятными, 2) они обязаны дополнять друг друга, и 3) должны контролировать достоверность материалов каждого метода в отдельности.

С формальных позиций наша работа продолжает направление геологии рудных месторождений, возглавляемое И. Н. Томсоном. Однако причины возникновения РКС, методика их выявления, изучения, описания и объяснения нами трактуются в значительной мере иначе.

Фундаментальные итоги наших исследований, подкрепленные примерами Первомайского и Ахуново-Верхнеуральского рудообразующих ЕП (рис. 1, 2), можно свести к следующим положениям.

1. Любые процессы рудообразования, впрочем, как и все иные геологические события, возникают

и протекают в естественных силовых полях. Роль их изначально первостепенна. В геологии учет структуры естественных силовых полей, вскрывающей условия рудообразования, обязателен.

2. Рудонакопление обусловлено естественным электрическим полем (ЕП). Это утверждение повторяет положение физики о фундаментальных силовых полях и детально объяснялось в наших публикациях. ЕП возникают не как следствие гипергенеза, а как первопричина образования и изменения пород и руд. ЕП при минерализации во всех деталях своего строения стремилось к достижению равновесия с вмещающими породами. Это означает, что породы подвергались изменениям, метаморфизму соответственно их положению в ЕП: в зоне катодных реакций — в относительно восстановительных условиях, а в анодной — окислительных и т. д. Так ЕП «впечатывает» свою структуру в толщу пород, придавая им свойства составляющих электрохимической ячейки. Последняя при каждой активизации вмещающей среды ЕП «пробуждается» и принимает участие в переносе, перераспределении элементов, формировании зональности. Поскольку ЕП охватывает объем пород, значительно превышающий зону рудоконцентрации, силовые линии обеспечивают электрофоретическое извлечение элементов для рудных минералов из всех пород, охваченных ЕП. Это означает, что в любом виде рудообразования велика, хотя и не равнозначна, роль: процессов латераль-секреционного типа и, как источника металлов, — вмещающих пород на разных глубинных интервалах. Это положение часто фигурирует в публикациях, например, у Дое Виссе, Г. Б. Наумова и других.

3. Любой тепломассоперенос сопровождается естественным электрическим полем торовидной формы и строения. Под «тепломассопереносом» имеется