

УДК 661.776

А.Я.БОДУЭН, канд. техн. наук, доцент, (812) 328-84-59

Г.В.ПЕТРОВ, д-р техн. наук, профессор, (812) 328-84-59

А.Ю.СПЫНУ, аспирант, (812) 328-84-59

Ю.В.АНДРЕЕВ, канд. техн. наук, доцент, *kafmetall@mail.ru*

И.И.МАРДАРЬ, аспирант, (812) 328-84-59

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

A.Ya.BODUEN, PhD in eng. sc., associate professor, (812) 328-84-59

G.V.PETROV, Dr. in eng. sc., professor, (812) 328-84-59

A.Yu.SPYNU, post-graduate student, (812) 328-84-59

Yu.V.ANDREEV, PhD in eng. sc., associate professor, *kafmetall@mail.ru*

I.I.MARDAR, post-graduate student, (812) 328-84-59

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

## ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЕНИЯ ПРИ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ОСМИЙСОДЕРЖАЩИХ ПОЛУПРОДУКТОВ СУЛЬФИДНЫХ МЕДНЫХ РУД

Попутное концентрирование ценных компонентов при переработке сульфидного медного сырья сопровождается образованием полупродуктов, обогащенных осмием, рением и селеном. Показаны особенности технологического поведения рения, радиогенного осмия и селена, определены продукты-концентраты редких микрокомпонентов и намечены методы их извлечения.

*Ключевые слова:* сульфидные медные руды, рений, осмий, сорбция.

## RECOVERY OF RHENIUM IN HYDROMETALLURGIC PROCESSING OSMIUM-CONTAINING PROCESS-SUITABLE MATERIALS OF SULPHIDE-COPPER ORES

Incidental concentrating of valuable elements in processing sulphide-copper ores yields supplementary semi-products enriched with osmium, rhenium, and selenium. Peculiar features of processing properties of rhenium, radiogenic osmium, and selenium are shown in this paper, as well as concentrators for rare microelements and ways of their extraction.

*Key words:* sulphide-copper ores, rhenium, osmium, sorption.

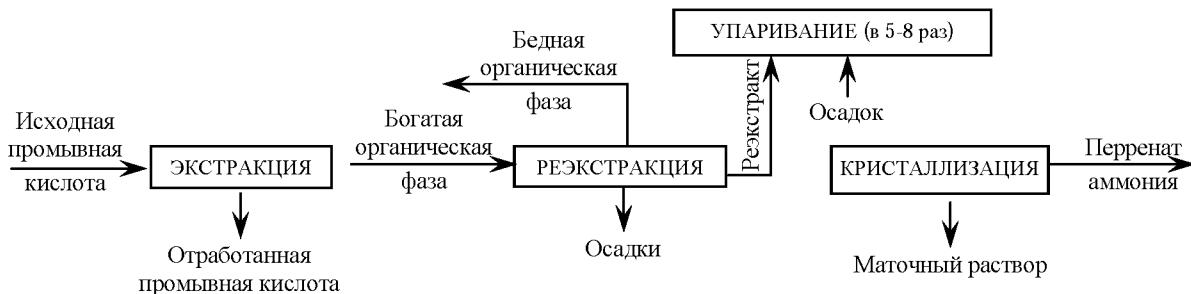
Обязательным спутником рения в сульфидных медных рудах Жезказганского месторождения (Республика Казахстан) является продукт его распада – стабильный изотоп осмия  $^{187}\text{Os}$ , относящийся к группе редких платиноидов и обладающий уникальными физическими свойствами. Соотношение  $\text{Re/Os}$  в рудах определяется константой распада  $^{187}\text{Re}$ , геологическим возрастом месторождения и составляет приблизительно 450:1. При переработке руд осмий практически в точности следует за рением. Абсолютные концентра-

ции рения и осмия в сырье невелики, но в ходе его переработки образуются продукты с высоким содержанием рения и радиогенного осмия\*.

Извлечение рения и осмия из медных сульфидных руд основано на их попутном концентрировании при производстве меди. При флотационном обогащении руд исходное

\* Металлургия осмия / Под ред. К.А.Большакова. Алма-Ата, 1981. 186 с.

Osmium Metallurgy / Ed. K.A.Bolshakov. Alma-Ata, 1981. 186 p.



соотношение изотопов Os и Re сохраняется: осмий переходит в медный концентрат в такой же степени, как и рений, т.е. на 50-60 %. По сравнению с исходной рудой медный концентрат обогащается изотопом осмия в 10-15 раз.

При последующей пирометаллургической переработке флотационных концентратов поведение рения и осмия значительно отличается.

При восстановительной плавке концентратов в отражательных или электропечах рений на 75-80 % улетучивается, а осмий почти целиком остается в штейне, что приводит к увеличению отношения Os/Re в 4-5 раз по сравнению с медными концентратами. При конвертировании штейна рений и осмий окисляются и концентрируются в конвертерных газах и пылях. Необходимо отметить, что потери осмия на металлургическом переделе почти отсутствуют; в этом отношении металлургический процесс медеплавильного завода является одновременно и процессом концентрирования изотопа осмия, который осуществляется без каких-либо дополнительных затрат.

На Жезказганском медеплавильном заводе ПО «Жезказганцветмет» конвертерные газы объединяются с газами электропечей и направляются в систему мокрой газоочистки.

Из газовой фазы и тонких фракций пыли осмий переходит в продукты мокрого пылеулавливания, где он распределяется между шламом и промывной серной кислотой. Содержание осмия в шламе достигает 10-20 г/т, что в 5 тыс. раз больше, чем в исходной руде.

Ориентировочный баланс осмия в продуктах медеплавильного производства следующий:

Продукт	Распределение, %
Исходный концентрат	100
Промывная кислота	45-55
Шлам промывной кислоты	25-30
Пыль сухих электрофильтров	7-10
Шлам электролитный	0,5
Другие продукты	3-17

Шлам рассматривается как перспективное сырье для извлечения осмия. На Балхашском горно-металлургическом комбинате (Республика Казахстан) проведены успешные опыты получения партий  $^{187}\text{Os}$ , что явилось первым в мировой практике примером получения чистого изотопа из продуктов металлургического производства\*.

На Жезказганском горно-металлургическом комбинате промывная кислота сернокислотного отделения, содержащая 0,1-0,5 г/л рения и 500 г/л  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , а также примеси меди, цинка, железа, мышьяка, подвергается экстракционной переработке для получения из нее рения (см.рисунок).

При экстракции рения из промывной кислоты осмий переходит в органическую фазу лишь на 20-30 %; больше половины его остается в отработанной кислоте и безвозвратно теряется. При реэкстракции рения аммиаком осмий также извлекается из орга-

\* Современное состояние и перспективы извлечения осмия при комплексном использовании различных видов сырья / Т.Н.Грейвер, Ю.В.Андреев, Г.В.Петров и др. // Новые процессы в металлургии никеля, меди и кобальта: Труды АО «Институт Гипроникель». Прил. к журн. «Цветные металлы». М., 2000. С.11-18.

Current state and prospects of osmium recovery during complex application of different raw materials / T.N.Greiver, E.V.Popkov, Yu.V.Andreyev et al. // New processes in nickel, copper and cobalt metallurgy: Theory and practices. Moscow, 2000. P.11-18.

нической фазы и переходит в реэкстракт. Выделение рения из реэкстракта после его упаривания осуществляется в виде переноса аммония, в котором содержание осмия незначительно, после чего маточный раствор возвращается в процесс.

Отличительной особенностью поведения осмия при реэкстракции является его накопление в осадках, возникающих на границе раздела фаз в экстракционных ваннах. Осадки образуются в небольшом количестве, но они содержат максимальные концентрации осмия и представляют интерес как один из исходных продуктов для его возможного извлечения. Выпадение осмия в осадок является одним из проявлений характерного для этого элемента свойства легко восстанавливаться при изменении условий среды в присутствии органического вещества.

Содержание осмия в продуктах рениевого производства следующее:

Проба	Осмий
Промывная кислота	0,3 мг/л
Отработанная кислота	0,1-0,23 мг/л
Богатая органическая фаза	3-4 мг/л
Реэкстракт:	4 мг/л
межфазный обожженный осадок	До 4000-5000 г/т
маточник 1	18-26 мг/л
маточник 2	0,6 мг/л

Безвозвратные техногенные потери осмия в рамках медеплавильного производства формируются за счет потерь с отработанной кислотой, а также из-за возвращения в начало процесса обогащенных осмием оборотных продуктов.

В настоящее время для извлечения осмия разработана оригинальная химико-металлургическая схема переработки «черных осадков», обеспечивающая получение товарного осмата калия или металлического осмия в порошке.

Особенностью технологии являются маточные сульфатные растворы, содержащие в значительном количестве рений (до 1,1 г/дм<sup>3</sup>) на фоне заметного содержания хрома (до 12 г/дм<sup>3</sup>) и селена. Высокое содержание рения в серно-кислых растворах, поступающих на обеззараживание и сброс, предопределяет безвозвратное техногенное

рассеяние рения с отвальными кеками и обуславливает необходимость разработки эффективной технологии концентрирования рения.

Повышение сквозного извлечения рения из промывной кислоты может быть достигнуто за счет дополнительной переработки сбросных сульфатных растворов, образующихся при гидрометаллургической переработке межфазных осмииевых осадков экстракционного передела.

В качестве перспективных операций принципиальной технологической схемы получения рения из отработанных растворов осмииевого производства выбраны: химическая очистка сульфатных растворов от хрома и селена, сорбционное концентрирование рения, получение товарной рениевой соли.

Для выделения рения проведено технологическое опробование различных типов высоко- и низкоосновных анионитов на модельных серно-кислых растворах. Показано, что низкоосновная смола АН-105-12П, а также сильноосновные смолы АВ-17-10П и АМП обладают высокой емкостью по рению, причем при повышении pH раствора от 1 до 5 емкость всех изученных анионитов возрастает. Установлено, что лимитирующей станцией сорбции на пористой низкоосновной смоле АН-105-12П является внешняя диффузия, в то время как на высокоосновных сорбентах АВ-17-10П и АМП наблюдается переход во внутридиффузионную область при содержании рения значительно ниже СОЕ. Изотермы сорбции на смолах АН-105-12П и АВ-17-10П в широком диапазоне равновесных концентраций рения и pH = 1-3 выпуклы, что позволяет получать повышенную емкость из бедных растворов выщелачивания. На основании полученных данных низкоосновный анионит АН-105-12П рассматривается как перспективный сорбент при переработке сульфатных хромсодержащих растворов.

В заключение отметим, что в настоящее время на рынке ионообменных смол появились новые типы сорбентов, в том числе имеющие высокую селективность по отношению к рению в кислой среде (например, компания «Purolite»), что обуславливает целесообразность продолжения исследований по выбору максимально эффективного ионита.