

**METHODS OF RARE METAL EXTRACTION FROM TECHNOGENIC  
WASTE OF METALLURGICAL PRODUCTION**

**Khasanov A.S.<sup>1</sup>, Shodiev A.N.<sup>2</sup>, Turobov Sh.N.<sup>3</sup>, Karshiboev Sh.B.<sup>4</sup>,  
Rakhimov K.Kh.<sup>5</sup>, Akhmatov A.A.<sup>6</sup> (Republic of Uzbekistan)  
Email: Khasanov513@scientifictext.ru**

<sup>1</sup>*Khasanov Abdurashid Solievich - Doctor of Technical Sciences, Professor,  
DEPUTY CHIEF ENGINEER FOR SCIENCE,  
JSC "AGMK";*

<sup>2</sup>*Shodiev Abbos Nemat ugli – Assistant;*

<sup>3</sup>*Turobov Shahriddin Nasritdinovich - Assistant,  
DEPARTMENT OF METALLURGY,  
NAVOI STATE MINING INSTITUTE,  
NAVOI;*

<sup>4</sup>*Karshiboev Sherzod Begmahamat ugli - Assistant,  
DEPARTMENT OF METALLURGY,  
ALMALKYK BRANCH*

*TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY, ALMALKYK;*

<sup>5</sup>*Rakhimov Karim Khusenovich - Master,*

<sup>6</sup>*Akhmatov Abdumalik Alisher ugli - Master,  
DEPARTMENT OF METALLURGY,  
NAVOI STATE MINING INSTITUTE,  
NAVOI,*

*REPUBLIC OF UZBEKISTAN*

**Abstract:** *the article discusses and analyzes more and more modern and new innovative equipment and devices used in sorption processes for the extraction of rare metals by the hydrometallurgical method. The factors that influence the sorption processes to increase the efficiency of the process are examined and studied, and schemes for an improved sorption pressure column are developed. Also, rational and effective modes of ion-exchange processes, including sorption leaching, are identified and justified.*

**Keywords:** *sorption, patchouk, cyanidation, ion exchange, ion exchanger, airlift, desorption, sorbent, sorption column, desorbate.*

**СПОСОБЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ ИЗ  
ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО  
ПРОИЗВОДСТВА**

**Хасанов А.С.<sup>1</sup>, Шодиев А.Н.<sup>2</sup>, Туробов Ш.Н.<sup>3</sup>, Каршибоев Ш.Б.<sup>4</sup>,  
Рахимов К.Х.<sup>5</sup>, Ахматов А.А.<sup>6</sup> (Республика Узбекистан)**

<sup>1</sup>*Хасанов Абдурашид Солиевич – доктор технических наук, профессор,  
заместитель главного инженера по науке,*

АО “АГМК”;

<sup>2</sup>Шодиев Аббос Немат угли – ассистент;

<sup>3</sup>Туробов Шахриддин Насритдинович – ассистент,  
кафедра металлургии,  
Навоийский государственный горный институт,  
г. Навои;

<sup>4</sup>Каршибоев Шерзод Бегмахамат угли – ассистент,  
кафедра металлургии,  
Алмалыкский филиал

Ташкентский государственный технический университет, г. Алмалык;

<sup>5</sup>Рахимов Карим Хусенович – магистрант;

<sup>6</sup>Ахматов Абдумалик Алишер угли – магистрант,  
кафедра металлургии,  
Навоийский государственный горный институт,  
г. Навои,

Республика Узбекистан

**Аннотация:** в статье рассматриваются и анализируются все более современные и новые инновационные оборудования и аппараты, применяемые при процессах сорбции для извлечения редких металлов гидрометаллургическим способом. Рассмотрены и изучены факторы, которые влияют на процессы сорбции для увеличения эффективности процесса, и разработаны схемы усовершенствованной сорбционной напорной колонны. А также определены и обоснованы рациональные и эффективные режимы ионообменных процессов, включая сорбционное выщелачивание.

**Ключевые слова:** сорбция, пачук, цианирование, ионообмен, ионит, аэролифт, десорбция, сорбент, сорбционная колонна, десорбат.

Ионный обмен в технологии молибдена может применяться для:

а) селективного извлечения Мо из основных растворов как относительно богатых им, так и бедных.

б) извлечения очень малых количеств Мо из сбросных растворов и промывных вод.

в) извлечения Мо из рудничных молибденсодержащих вод.

г) разделения молибдена и рения в кислых растворах.

д) очистки молибденовых растворов от примесей тяжелых, щелочноземельных и щелочных металлов.

Молибден сорбируется и катионитами, и анионитами. Большое практическое значение имеет сорбция молибдена на анионитах. Ион  $\text{MoO}_2^{2+}$  существует лишь в сильноокислых растворах, в которых одновременно могут сорбироваться и многие другие металлические ионы и, где велика концентрация конкурирующего иона  $\text{H}^+$ . В этих условиях

может вестись ионитная очистка молибденовых растворов от примесей тяжелых цветных, щелочных и других металлов. В щелочной среде (рН=8-10) молибден находится в форме неполимеризованного аниона  $\text{MoO}_4^{2-}$ . Полная обменная емкость анионитов по молибдену в сильнощелочной среде ниже, чем при более низком рН, при котором молибден в растворе находится в виде полимеризованных, большого объема, ионов пара-, мета- и других полимолибдатов. В технологии извлечения молибдена из растворов и их очистки используются и испытываются аниониты с разной основностью, структурой, пористостью.

В настоящее время разнообразные иониты применяются в технологиях неорганических и органических веществ, минеральных удобрений, пищевой и фармацевтической промышленности, водоподготовке. Ионный обмен нашел широкое применение и в гидрометаллургии. В качестве сорбента при извлечении молибдена на большинстве предприятий до последнего времени применялся анионит ВП-1п, представляющий собой сополимер 2-метил-5-винилпиридина с дивинилбензолом (ДВБ). Сейчас производство винилпиридиновых ионитов остановлено, а если и окажется возможным его возобновление, то цена винилпиридиновых ионитов будет весьма высокой в несколько раз выше по сравнению с ионитами на полистирольной основе. В связи с этим потребовались другие более доступные иониты, приближающиеся по своим свойствам к аниониту ВП-1п и способные заменить его в гидрометаллургии молибдена. К числу перспективных сорбентов относят иониты, выпускаемые компанией «Purolite», некоторые из них хорошо зарекомендовали себя в других гидрометаллургических процессах. Однако наряду с широко известными смолами «Purolite» на рынке присутствуют и другие образцы ионитов, гораздо менее изученные. Поэтому представляет практический интерес исследование емкостных характеристик ряда анионитов и их сравнительный анализ, а также оптимизация технологических параметров процесса сорбции в динамических условиях. В этих целях было проведено изучение сорбционной способности макропористых слабоосновных анионитов: «Purolite» А-100, «Puorlite»А-100 Мо (Узбекистан), «Puorlite»А-100 Мо (Румыния) и ВD-301G-1, ВD-301G-2 (Китай) в статическом и динамическом режимах. В работе была изучена сорбция молибдена анионитами из модельных растворов  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  и из растворов, полученных при содовом выщелачивании отработанных алюмокобальтмолибденовых (АКМ) катализаторов, содержащих 7-13% Мо. Следует отметить, что во втором случае на процесс сорбции оказывали заметное влияние примеси ряда металлов, переходящие в раствор при выщелачивании. Суммарное содержание кобальта, никеля и меди в промышленном фильтрате достигало 2-3г/л. На основании выполненных модельных экспериментов можно рекомендовать аниониты «Purlite» А-100 Мо и ВD-301G к промышленному использованию в

ионообменных аппаратах с неподвижным слоем ионита. Для повышения эффективности процесса следует использовать не менее четырех колонн, три из которых должны работать последовательно на сорбции, а четвертая в это время находится на регенерации.

Низкое содержание рения в исходном сырье обуславливает трудность его извлечения. В ряде случаев, особенно при переработке нестандартных молибденовых концентратов с низким содержанием молибдена, применяют гидрометаллургический предел этих концентратов. При переработке молибденовых концентратов гидрометаллургическими методами (разложение азотной кислотой) рений практически полностью переходит в азотносернокислые молибденсодержащие маточные растворы. Низкое содержание рения и сложный солевой состав исходных растворов предполагают двухстадийное сорбционное концентрирование рения. Для проведения второй стадии концентрирования в ренийсодержащих десорбатах устанавливают кислые значения рН и используют слабоосновные аниониты, однако присутствие рения и молибдена в растворах в анионной форме при существенно больших концентрациях молибдена и определенная схожесть свойств молибдат – и перренат-ионов приводят к тому, что значения коэффициента разделения рений/молибден на стадиях выделения рения не столь существенны. В промышленности используют различные технологические варианты извлечения рения из растворов с помощью анионообменных смол. Наибольшей ёмкостью отличаются применяемые для этой цели сильноосновные смолы АВ-17, АВ-27, АМ-24 и другие. Полная обменная ёмкость по рению этих смол достигает 50-60% при рН=6-8, и понижается при переходе в кислую среду из-за конкуренции анионов кислот, но всё же сохраняется достаточно высокой. Сродство перренат иона к сильноосновным смолам столь велико, что рений не элюируется со смолы даже растворами едкого натрия.

Вследствие этого элюирование ведут растворами сильных кислот такими как 7н раствор соляной, 4-5н раствор азотной или 1н раствор хлорной кислот. Для извлечения рения используют и слабоосновные аниониты марки АН-2Ф, АН-21 и другие, которые имеют меньшую, чем сильноосновные аниоты, ёмкость. Однако их преимущество заключается в возможности элюирования рения из смол растворами соды или аммиака. Этот способ наиболее и безопасен и технологически удобен при эксплуатации.

Сорбцию металлов и искусственно приготовленных технологических растворов изучали как статическим, так и динамическим методами. При изучении сорбции статическим методом в коническую колбу ёмкостью 200 мл помещали 1г сорбента и заливали в него 100 мл искусственного технологического раствора. Опыты проводили в статических условиях в течение 48 часов. Количество адсорбированного металла определяли по разнице концентраций исходного и остаточного растворов. Для

проведения сорбции в динамических условиях стеклянную колонку набивали сорбентом и через колонку пропускали искусственно приготовленный раствор. Для сравнения в аналогичных условиях был испытан применяемый в АГМК сорбент фирмы Purolite марки Sim 202/4408.

Как известно, ионы металлов в растворах существуют в виде соответствующих их солей в зависимости от pH-среды и природы. Первым этапом исследований был элементный анализ проб технологических растворов, взятых из разных участков НПО « По производству редких металлов твердых сплавов» АГМК № 1-3. Анализ растворов проводили атомно-адсорбционным методом на приборе ISP-MS.

Также теоретически была рассчитана возможность дополнительного получения более 52,2 тонн гидроокиси меди ежегодно, при существующем объеме производства молибдена, при внедрении одного из разработанных способов извлечения меди. А внедрение ионообменного способа извлечения рения позволит дополнительно получать до 20 кг аммоний перрената.

По результату выполнения данной работы можно сделать следующие выводы:

- Получены ионообменные материалы, имеющие в своей структуре различные функциональные группы.
- Установлено, что разработанные ионообменные материалы, имеющие волокнистую и гранулированную структуры обладают достаточной сорбционной способностью по ионам меди
- Получен ионит, который по сорбционной способности по ионам рения не уступающий импортируемому сорбенту фирмы Purolite марки Sim 202/4408.
- Установлено, что из модельных растворов разработанный ионит марки МДА-1-3 имеет наибольшую сорбционную способность по иону рения.
- Разработаны способы получения более чистого товарного продукта молибдена без ионов меди двумя способами: методом осаждения и ионообменной сорбции.
- Установлена возможность дополнительного получения товарного продукта меди в виде гидроокиси меди разработанными методами.
- Расчеты, проведенные на основе полученных экспериментальных данных, позволяют утверждать, что внедрение одного из разработанных способов извлечения меди позволит ежегодно получать до 52,2 тонн гидроокиси меди и до 20 кг аммоний перрената.
- Для установления технико-экономических показателей разработанной технологии получения более высокой чистотой товарного продукта молибдена требуется проведение полупромышленных испытаний.

### *Список литературы / References*

1. Зеликман А.Н., Коршунов Б.Г. // *Металлургия редких металлов*. М.: *Металлургия*, 1991. С. 549.
2. Мальцева Е.Е., Блохин А.А., Мурашкин Ю.В. Влияние кислотности растворов на сорбцию рения и молибдена на некоторых слабоосновных анионитах. Санкт-Петербург. ГТИ. 2011. Ст. 31-38.