

**МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ****ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕДКИХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ  
ИЗ СБРОСНЫХ РАСТВОРОВ ШЛАМОВОГО ПОЛЯ****Шодиев Аббос Немат угли***ассистент, Навоийский государственный горный институт,  
Республика Узбекистан, г. Навои***Туробов Шахриддин Насритдинович***ассистент, Навоийский государственный горный институт,  
Республика Узбекистан, г. Навои***Саидахмедов Ақтам Абдисамиевич***ст. преподаватель, Навоийский государственный горный институт,  
Республика Узбекистан, г. Навои***Хакимов Камол Жураевич***ассистент, Каршинский инженерно-технический институт,  
Республика Узбекистан, г. Карши***Эшонкулов Учкун Худойназар угли***ассистент, Каршинский инженерно-технический институт,  
Республика Узбекистан, г. Карши***RESEARCH OF TECHNOLOGY FOR EXTRACTION OF RARE AND NOBLE METALS  
FROM DISCHARGE SLUDGE FIELD SOLUTIONS****Abbos Shodiev***Assistant, Navoi State Mining Institute,  
Republic of Uzbekistan, Navoi***Shahriddin Turobov***Assistant, Navoi State Mining Institute,  
Republic of Uzbekistan, Navoi***Actam Saidakhmedov***Senior Lecturer, Navoi State Mining Institute,  
Republic of Uzbekistan, Navoi***Kamol Khakimov***Assistant, Karshi Engineering and Technology Institute,  
Republic of Uzbekistan, Karshi***Uchkun Eshonkulov***Assistant, Karshi Engineering and Technology Institute,  
Republic of Uzbekistan, Karshi***АННОТАЦИЯ**

В данной статье рассмотрены различные методы извлечения редких благородных металлов из отходов металлургического производства, в частности, твердые и жидкие отходы. Исследованы факторы, воздействующие на процесс сорбции для повышения эффективности процесса, и разработана технологическая схема для извлечения молибдена, рения, меди, золота, серебра и других металлов.

## ABSTRACT

This article discusses various methods for extracting rare precious metals from metallurgical wastes, in particular solid and liquid wastes. The factors affecting the sorption process to increase the efficiency of the process are investigated and a technological scheme for the extraction of molybdenum, rhenium, copper, gold, silver and other metals is developed.

**Ключевые слова:** молибден, пульпа, кек, выщелачивание, сорбция, ионообменная смола.

**Keywords:** molybdenum, pulp, cake, leaching, sorption, ion exchange resin.

Возрастающая потребность промышленности в молибденовой продукции требует создания новых технологий для извлечения молибдена из вторичного сырья и отходов молибденового производства. Технологии извлечения молибдена из концентрата, применяемый в цехе № 5 УЗКТЖМ способ азотнокислого разложения, не обеспечивают высокое извлечение молибдена в готовую продукцию – оксид молибдена. Из технологического процесса выводятся отходы в виде шламовых пульп, в них содержатся Mo, Re, Fe, Cu, Au, Ag – и в твердой, и растворимой части пульпы. В перспективе переработка отходов гидрометаллургического производства молибдена позволяет решить ряд проблем, связанных не только с вовлечением их в производство вторичного сырья и комплексным использованием минеральных ресурсов, но и улучшением экологической обстановки в районе дислокации предприятий.

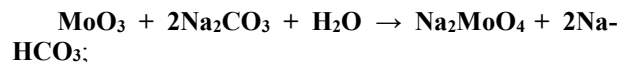
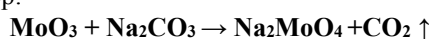
Анализами ИСП-спектроскопии установлено, что шламовые кеки с содержанием цветных и редких металлов представляют собой ценное техногенное сырье. Усредненные пробы кека по содержанию основных компонентов составляют (в %): 4,8 Mo, (в том числе 2,1 окисленного и 2,7 сульфидного); 1,2 Cu; 0,03 Re; 0,24 W, а также 9,5 Fe; 4,3 SiO<sub>2</sub>; следы As, P и 6,0 ионообменных смол (б/у); промышленного мусора (галька, щепа и пр.) и 42 (и выше) влаги.

Результатами рентгено-фазовых анализов определены формы нахождения основных компонентов в шламовом кеке: Fe(OH)<sub>3</sub>·30H<sub>2</sub>O, MoO<sub>2</sub>, MoO<sub>3</sub>, MoS<sub>2</sub>, CuMoO<sub>4</sub>, ZnMoO<sub>4</sub>, CaMoO<sub>4</sub>, PbMoO<sub>4</sub>, Fe<sub>2</sub>(MoO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, а также адсорбированные на гидроксиде железа формы меди, молибдена, вольфрама. Установлено, что шламовый кек имеет магнитные свойства и удельный вес составляет 1,33 т/м<sup>3</sup>. Эти свойства являются научным обоснованием для поиска и разработки технологии извлечения железа из шламовых кеков с применением магнитной сепарации и гравитационного обогащения.

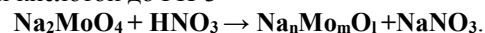
Для извлечения молибдена и других ценных компонентов из хвостов магнитной сепарации шламового кека, содержащего (в %): 2,4 Mo; 0,011 Re, 2,5 Cu – проведены эксперименты по выщелачиванию кека. В качестве выщелачивающего реагента применена кальцинированная сода, из полученного продуктивного раствора извлекался молибден и рений сорбцией на ионообменных смолах.

Основные реакции, протекающие в процессах выщелачивания:

– перевод молибдена из шламового кека в раствор:

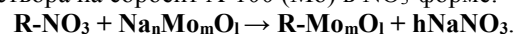


– нейтрализация продуктивного раствора азотной кислотой до pH-3



В результате нейтрализации раствора моноионы молибдена переводятся в форму полимолибдата переменного состава и поступают на сорбцию.

Селективная двухстадийная сорбция молибдена из раствора на сорбент А-100 (Mo) в NO<sub>3</sub>-форме:



При этом ионы полимолибдата сорбируются на сорбент А-100 (Mo), в растворе концентрируются соли нитрата натрия (NaNO<sub>3</sub>). Насыщенный сорбент направляется на промывку.

Промывку насыщенного сорбента для глубокого удаления ионов натрия проводят паровым конденсатом или катионно очищенной водой. Промывка присоединяется к раствору, выходящему после первой стадии сорбции, и поступает на 2-ю стадию сорбции для доизвлечения молибдена из бедных растворов.

Десорбцию молибдена с насыщенного и промытого сорбента проводят раствором аммиака с концентрацией 80–120 г/л с удельной нагрузкой 0,5 объема на 1 объем насыщенного сорбента в час (0,5–1,0 л/час). Первые порции получаемого десорбата направляют на получение тетрамолибдата аммония (ТМА).

Получение ТМА из товарного десорбата. При содержании в товарном десорбате содержания избыточного аммиака более 30 г/л проводится упаривание десорбата при температуре 90–100 °С, при этом отгоняется избыточный аммиак и концентрируется раствор по молибдену на 20–30%. Далее раствор охлаждают и при перемешивании дозируют азотную кислоту до pH 2,5, из раствора выпадают кристаллы тетрамолибдата аммония (ТМА). Кристаллы ТМА отфильтровываются, маточные растворы после восьмикратной кристаллизации ТМА выводятся в бак исходного раствора молибдата натрия, а растворы очищаются от примесей.

Учитывая, что в последние годы на практике в технологии извлечения молибдена и рения из различных растворов широко применяют ионообменные смолы фирмы «Purolite», следовательно, далее исследованы сорбционные характеристики сорбентов анионитов Purolite A100 (Mo) и Purolite A170 на исследуемых растворах переработки шламовых кеков.

Лабораторными экспериментами и опытно-промышленными испытаниями определено, что более эффективными и избирательными являются для сорбции молибдена сорбент Purolite A100 (Mo) и для сорбции рения – сорбент Purolite A170. Установлено,

что извлечение молибдена из растворов, полученных переработкой шламовых кеков, составляет 95,0 %, а рения – не менее 88,0 %.

С целью более глубокого теоретического анализа и разработки технологии извлечения рения из сбросных растворов шламового поля (УзКТЖМ) отдельно

исследовались химический и солевой состав сбросных растворов, также ионное состояние молибдена, рения и примесных элементов в растворе.

Таблица 1.

Состав раствора из шламового поля

	Содержание, мг/л	Элементы соединения	Содержание, мг/л
Молибден	7,43–86,9	Алюминий	13,63–100,44
Медь	14,67–1320	Титан	5,0–30,0
Свинец	2,71–5,20	Железо	67,33–599,54
Рений	1,87–9,18	Барий	6,15–35,8
Мышьяк	0,4	Олово	0,33–3,64
Сера общая	1,59	Цинк	60,5–752,74
Оксид кремния	28,2	Галлий	0,0001–0,0003
Кальций	962,4–4193,3	Золото, г/т	0,32–4,04
Магний	28,1–966,1	Серебро, г/т	1,03–14,09

Исследованы различные сорбенты для селективного извлечения рения из азотнокисло-сернокислых растворов и его концентрирования. Наиболее высокой емкостью по рению обладают сильноосновные смолы (советские смолы АВ-17, АВ-27, АМ и др.). При рН = 6,0–8,0 емкость этих смол по рению достигает 50–60 %. Средство анионов  $Re\ C > 7$  к сильноосновным смолам столь велико, что рений не элюируется с сильноосновных смол даже растворами гидроксида натрия. Элюирование приходится проводить кислотами высокой концентрации: 7 н. HCl, 4–5 н. HNO<sub>3</sub> или 1 н. HClO<sub>4</sub>.

Установлено, что если на сильноосновной смоле вместе сорбированы рений и молибден, то можно элюировать вначале молибдат-ионы раствором щелочи, а затем кислотой рений. Вместо кислот можно в качестве элюента рения использовать раствор роданистого аммония (ионы SCN имеют высокое средство к иониту).

На имеющейся базе данных в области химии и технологии редких металлов, проведенных теоретических исследований и лабораторно-экспериментальных работ разработана технология комплексной

переработки объединенных растворов со шламового поля и карбонатных растворов выщелачивания сбросных кеков. Исследования проводили, последовательно разделив их по следующим технологическим узлам:

- узел подготовки растворов (А);
- узел осаждения железа, меди и кремния (Б);
- узел сорбции молибдена (В);
- узел сорбции рения (Г);
- узел утилизации сбросных растворов (Д).

Лабораторными экспериментами и испытаниями на опытно-промышленных установках подтверждено, что более эффективными и избирательными из экспериментируемых растворов являются для сорбции молибдена сорбент Purolite A100 (Mo) и для сорбции рения сорбент Purolite A170. Установлено, что извлечение молибдена из объединенных растворов составляет 95,0 %, рения – не менее 88,0 %. Основные результаты испытаний и технические характеристики полученных ТМА и АМК сорбционным способом показаны в таблице 2.

Таблица 2.

Химический состав полученных опытных образцов ТМА (№ 1, № 3) и ПМА (№ 2, № 4)

Наименование показателя	Норма						
	Сорт 1	Сорт 2		Опыт № 1	Опыт № 2	Опыт № 3	Опыт № 4
Молибденового ангидрида (MoO <sub>3</sub> ), %, не менее	76	74	78	67,33	83,66	92,87	91,17
Железа (Fe), %, не более	0,03	0,2	0,007	0,0025	0,004	0,017	0,007
Алюминия (Al), %, не более	0,005	0,04	0,005	0,0014	0,0014	0,0018	0,0017
Никеля (Ni), %, не более	0,001	0,001	0,005	0,001	0,001	0,011	0,0037
Марганца (Mn), %, не более			0,01	0,001	0,001	0,001	0,001
Кремния (Si), %, не более	0,05	0,3	0,01	0,006	0,005	0,008	0,004
Кальция (Ca), %, не более			0,004	0,006	0,003	0,005	0,005
Магния (Mg), %, не более	0,001	0,001	0,0015	0,004	0,002	0,0036	0,0026
Мышьяк (As), %, не более	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002
Фосфор (P), %, не более	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003		

На основании проведенных исследований, проведенных лабораторных экспериментов и опытно-промышленных испытаний разработана технология

комплексной переработки твердых отходов и сбросных растворов шламового поля молибденового производства НПО РМиТС АО «Алмалыкский ГМК» (рисунок 1).

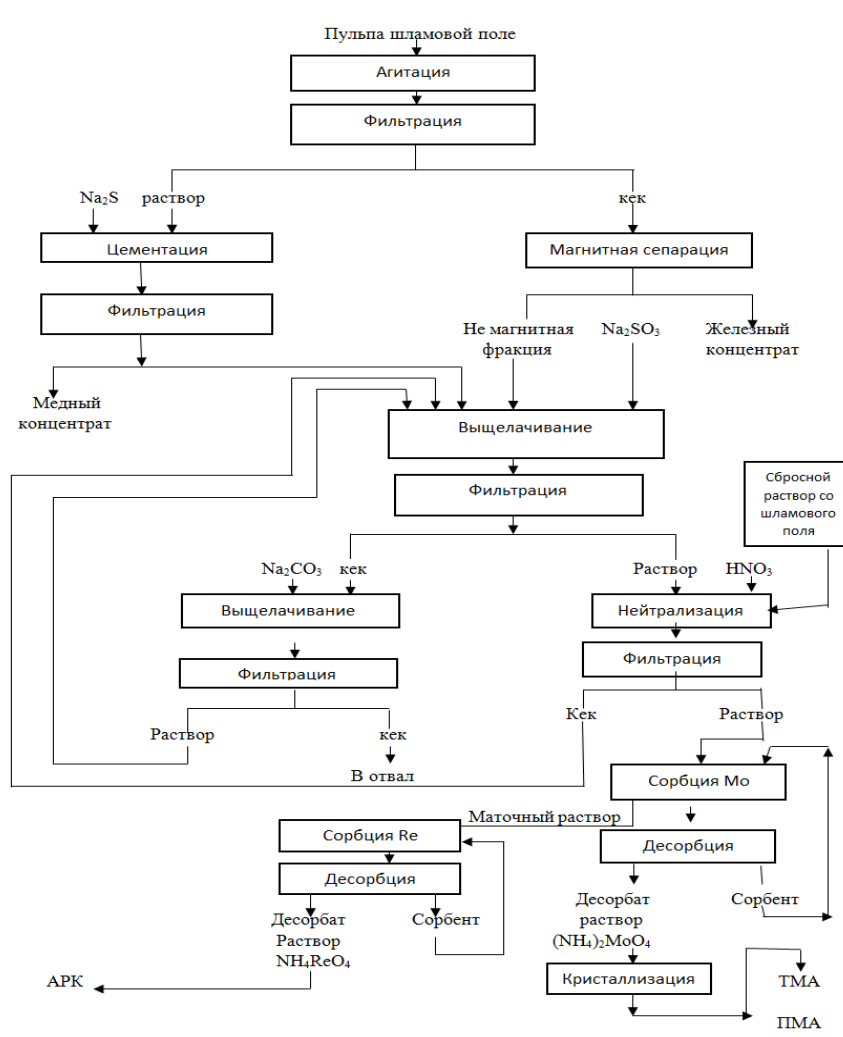


Рисунок 1. Принципиальная технологическая схема переработки отходов шламового поля НПО РМиТС

Разработанная технология является законченной научно-исследовательской работой, рекомендована для внедрения НПО РМ и ТС в промышленных условиях. Для разработки технологического регламента и

выдачи исходных данных для проектирования производства необходимо произвести технико-экономические расчеты, чем в будущем будут заниматься авторы разработки.

**Список литературы:**

1. Зеликман А.Н., Коршунов Б.Г. *Металлургия редких металлов.* – М.: Металлургия, 1991. – 549 с.
2. Извлечение редких металлов из технологических растворов, образующихся при выщелачивании огарка / А.Н. Шодиев, Ш.Н. Туробов, С.З. Намазов, М.Б. Хамидов [и др.] // *Материалы XII Международной конференции «Международный научный обзор технических наук, математики и компьютерных наук» (США, Бостон, 2019 г.).* – С. 22–28.
3. Изучение возможности извлечения молибдена и рения из техногенных отходов / А.С. Хасанов, А.Н. Шодиев, А.А. Саидахмедов, Ш.Н. Туробов // *Горный вестник Узбекистана.* – 2019. – № 3. – С. 51–53.
4. Современное оборудование, применяемое в гидрометаллургической переработке редких металлов / Э.А. Пирматов, А.Н. Шодиев, А.С. Хасанов, Ш.Н. Туробов [и др.] // *Universum: Технические науки: электрон. научн. журн.* – 2019. – № 11 (68). – С. 33–39.