

**НАВОИЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ**

**НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**

**ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**КАФЕДРА «МЕТАЛЛУРГИЯ»**

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

На тему: **«ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЕНИЯ ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ  
МЕДОПЛАВИЛЬНОГО ЗАВОДА АГМК»**

Студент гр. 4-12 Мет Жураев Р  
(Фамилия, имя и отчество)

Навои-2014 г.

## **ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ

1. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕНИЯ

2. ОЧИСТКА РЕНИЯ ОТ ПРИМЫСЕЙ И ЭКСТРАКЦИОННЫЕ МЕТОДЫ  
ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕНИЯ.

3. ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЕНИЯ ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ  
МЕДОПЛАВИЛЬНОГО ЗАВОДА АГМК

3.1 ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

3.2 ПОДБОР УСЛОВИЕ ДЛЯ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ 3.3.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ИЗВЛЕЧЕНИЯ

3.4. СХЕМА ЦЕПИ АППАРАТОВ

3.5. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

3.8. ТЕХНИКО-БЕЗОПАСНОСТИ ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ПРОЕКТА

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

## **ВВЕДЕНИЕ**

Малая распространенность редких металлов в земной коре обуславливает их дефицитность, добыча и извлечение их в ряде случаев исключительно дороги, поэтому особо важное значение в их производстве имеет максимальное попутное извлечение с получением кондиционного продукта.

Ежегодно с растворами промывной серной кислоты медеплавильного завода АГМК также безвозвратно теряется ежегодно 600-700 кг рения (или 780-910 кг перрената аммония). Если учесть, что стоимость перрената аммония составляет 600 \$ США/кг, то общая стоимость теряемого продукта составляет 700 -800 тыс. \$ США/год.

Ежегодное производство рения составляет 8-10 т., при потребности 12-14 тонн. Кроме того, при производстве рения из серноокислых растворов возможно получение радионуклида осмия-187 образующийся при природном бета распаде рения-187. Стоимость 1 г. осмия-187 в мировом рынке оценивается 8-10 тыс. \$ США. Соотношение содержание рению к осмия составляют  $2 \cdot 10^3$ . Исходя из данного соотношение возможно получение продукта на сумму 2,5 млн. \$ США.

Единственным поставщиком Осмия-187 является Республика Казахстан (Джезказганский комбинат).

Известны различные способы попутного извлечения рения из сбросных растворов, основанные на сорбции и экстракции.

Недостатком сорбционных процессов является длительность процесса сорбции и относительно низкий емкость смолы.

Недостатком экстракционных методов является затруднение работы с легковоспламеняющимися веществами, требующий установление автоматического пожаротушения. Анализ литературных данных показывает отсутствие промышленное применение смешанных методов для извлечения рения из сбросных серноокислых и азотноокислых растворов с использованием твердых экстрагентов (ТВЭКС).

В связи с этим нами рассмотрены технико-экономические возможности высокоэффективных способов попутного извлечения рения из безвозвратных серноокислых растворов медеплавильного завода АГМК. Основой для составления эскиза проекта цеха по получению рения из серноокислых растворов является экспериментальные данные полученные сотрудниками ИЯФ АН РУз., АГМК, НГМК, РО "Спецсплав" и НТП "Техредмет".

Данный проект является типичным примером строительства участка (цеха) по попутного получения рения из сбросных серноокислых растворов медеплавильного завода Алмалыкского ГМК.

В связи с этим нами рассмотрены технико-экономические возможности высокоэффективных способов попутного извлечения рения из безвозвратных серноокислых смешанных (азотно-серноокислых) растворов и динитросодержащих твердых отходов производства.

Данный проект является типичным примером строительства участка (цеха) по попутного получения рения из сбросных азотно-серноокислых растворов молибденового производства.

# 1. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕНИЯ

## 1.1. СВОЙСТВА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

### *Химическая свойства*

В соединениях рений проявляет степени окисления от -1 до +7. Известные изотопы рения с массовыми числами от 182 до 190. Рений устойчив на воздухе при температуре. Окисление контактного металла с образованием рениевого ангидрида наблюдается выше 300 С. Интенсивно протекает выше 600 С. Рений образует три устойчивых оксида: 1)  $ReO$  2)  $ReO$  3)  $ReO$   $ReO$  растворяется в воде с образованием рениевой кислоты ( $HReO$  ). Рениевая кислота при взаимодействии с карбонатами, оксидами, щелочами, образует перренаты состава - малорастворимые в воде - умеренно растворимые в воде, - хорошо растворимые в воде. Сложность химии рения в растворах связано со способностью его реализовать в своих соединениях все восемь валентных состояний (от 7 до -1.) соединения рения склонны к гидролизу, окислению и диспропорционированию. Наиболее устойчивыми в водных растворах является соединение рения(7) и рения (4). Рений с степенью окисления может семи в зависимости от условий получения может находиться в виде окиси, гидроокиси, и аква-ионов. Изучено состояние рения (8) в растворах минеральных кислот и щелочей.

### *Физические свойства*

Известны 2 природных изотопов рения:  $Re-185$  и  $Re-187$  распространенность которых составляет соответственно 37.4 и 62.6% . Изотоп  $Re-187$  радиоактивен: путем  $\beta$  -распада он превращается в  $Os-187$  ( $T_{1/2}=4.3 \cdot 10^9$  лет ). Эта реакция имеет в основе рений-осмиевого метода определения возраста горных пород минералов и метеоритов. Ионный радиус рения (4)- 0.072,  $Re(7)$ -0.056 нм. Рений относится к группе самых тяжелых тугоплавких и труднолетучих металлов.

Табл.1. Свойства рения

№ п.п	наименование	Ед.изм.	Значение
1.	Атомный номер		75.
2.	Атомная масса		186.71
3.	Тип параметр решетки гексоганальная	А	2,76
4.	Плотность	г/куб.см	2,10
5.	Температура плавления	°С	3180
6.	Температура кипения	°С	5900
7.	Давление пара	мм.рт./ст	1,18
8.	Удельная теплоемкость	ккал/г.°С.	0,03653
9.	Коэффициент линейного расш.вдоль оси		12,45
10.	Температура перехода в сверхпроводящие соед.	К	1,7
11.	Работа выхода электронов	.(эв.)	4,8
12.	Теплопроводность	кКал/см.с.С	0,17
13.	Твердость НВ отпленного металла	кгс/мм	200
14.	Модуль упругости	кгс/мм	47000
15.	Сечение захвата тепловых нейтронов.	барн	85

По температуре плавления рений занимает 2 место среди металлов, уступая лишь вольфраму, по плотности стоит на 4 месте ( ), Удельное электросопротивление рения почти в 4 раза выше чем у вольфрама и молибдена. В отличие от вольфрама рений пластичен в металле и рекристаллизованном состояниях и может быть деформирован на холоду. Рений обладает очень высоким модели упругости. После небольшой степени

деформации его твердость сильно возрастает, но после отжига в защитной среде или вакууме он вновь приобретает пластичность. Изделия из рения выдерживают многократные нагревы и охлаждения без потери прочности. Прочность рения до 1200 С выше, чем у вольфрама, и значительно превышает прочность молибдена. Рений устойчив на воздухе при обычной температуре. С водородом рений не реагирует вплоть до температуры плавления. Металл значительно стоек, чем вольфрам, в органе или вакууме в присутствии следов влаги, при высоких температурах. С азотом металл не взаимодействует. Хотя известны нитриды рения, но они получается не прямым действием азота на металл, а по реакции между хлоридом рения и аммиаком. Рений не образует карбидов. Эвтектика в системе рений - углерод, плавиться при 2480 С. Несмотря углеродом, не рекомендуется нагревать рений в контакте с графитом, так как углерод, диффундирует в металл, что снижает его механическую прочность.

**Область применения рения.** Значение рения в современной технике непрерывно возрастает. В настоящее время основными областями потребления рения является катализаторы, сплавы разного назначения и тонкопленочные материалы, используемые, например в терморезисторах. Благодаря своим уникальным физико-химическим свойством этот металл краткий срок нашел широкое применение в различных областях техники, электротехнике, электронике, авиационной промышленности, ракетостроение. В последние время определилось еще одно область применения рения

-нефтехимическая промышленность. Рений и его соединения вводят в состав катализаторов. Применение рения для крекинга нефти позволяет увеличить срок службы катализаторов в 2-3 раза и повысить октановое число бензина. Для очистки бензина в процессе называемым "реформингом" применялись катализаторы из платинированный окиси алюминия. Замена большей части платины, рением резко уменьшает технико-экономические показатели процесса. В результате высокотемпературного реформинга образуются газы лёгких фракции и кокс.

Платиновый катализатор неуглероживается и быстро выходит из строя. Применение рения позволяет увеличить срок службы катализатора в 2-3 раза: увеличить производительность установки: повысить активное число бензина: улучшить параметры процесса: на 15-20 атм снизить рабочие давление и на 10-15 С температура процесса. Стоимость рения в мировом рынке составляет 800-1000 \$ за кг. Спрос на рений резко возраст, согласно статистике горного бюро США мировые производства рения в 1978г в странах капитализма достигло 5-6 тонн.

Крупнейшие производители рения США, Канада, Чили. В США производство рения в 1975 г составило 2,3т, Чили 1,3т, Канада 0,9т. Перу 0,2т. прочие страны 0,9т. Основная доля (95%) производства рения за рубежом приходится на заводе, перерабатывающие выделение меднопорфириновых руд и молибденовые концентраты. В США для производства катализаторов использует 70% рения, в контрольно измерительных приборах 8 %, в производстве сплавов и металлопокрытый -12%. Цена свободного рынка на рениевый порошок 99,99%-ной чистоты в течение семидесятых годов поднималось до 3960долл / кг.

Сплавы рения с другими тугоплавкими металлами (W. Mo. Te) отличается высокой жаропрочностью и тугоплавкостью. Одновременно с этой добавкой рений в вольфрам и молибден улучшают пластическое свойства этих металлов. Жаропрочные сплавы, содержащие рений, используют в авиационном и космической технике. Сплав с 7% W, и 2,5% Re принимается для тепловых экранов на космических аппаратах, для ракет. Сплав - 25% W. и -3% Re. -1% Ti. -1% Zr. -0,4% C, принимается для изготовления энергетических установок на космических кораблях. В ряде ответственных случаев в этой области вместо вольфрама принимают рений или сплавы рения, с вольфрамом и молибденом.

Преимущества рения перед вольфрамом составляет в лучших прочностных характерах и сохранением пластичности в рекристаллизованном состоянием, меньшей склонности к испарению в присутствием следов влаги, более высоким

электросопротивлением. Перечисленные преимущества рения является особенно в тех случаях, когда необходимо долговечность работы ламп и электронных приборов, особенно в случаях нагрузки. Рений и его сплавы с вольфрамом относятся высокими износостойкостью и сопротивлением электроэрозии в условиях образования электрических дуги.

Исследования показали что, рений и его сплавы с вольфрамом как материал для контактов имеет преимущества перед вольфрамом по отношении стойкости к атмосферной и тропической коррозии, а также постоянства контактной проводимости при воздействии повышенных температурах и контактной дугах. Имеются сообщения о большой эффективности применения рениевых контактов в корабельных магнето. Испытания контактов из сплава W+ 15% Re-я в результатах по напряжениям в приборах зажигания показали преимущество их перед вольфрамами контактами. Рений и его сплавы с вольфрамом и молибденом обладает высокий и стабильной Т.Э.Д.С. В странах СНГ широко принимается термопары из сплава W+5% Re, W +20 % Re ТЭДС этой термопары в пределах 0-2500 С находится в линейной зависимости от температуры при 2000 С ТЭДС равно 30мВ. Преимущества термопары -сохранение пластичность термоэлектродов после делительного нагревания при высокой температуре.

**ПОВЕДЕНИЯ РЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕДИ.** При плавке медных концентратов в отражательных печах с газами летит до 75% рения, а при продувке штейна в конверторах весь содержащийся в него рений удаляется с газами. Таким образом, при переработке медных концентратов, рений должен концентрироваться в пылях конверторов. Печные и конверторные газы направляют электрофильтрам при производство серной кислоты, в которую переходит 45-80% Re, содержащегося в медных концентратах. Промывная кислота содержит от 0.1-0.5 гр/л H SO, примеси меди, цинка, железа, мышьяка, и др. и служит основным источником получения рения при переработки медных концентратов.

### 1.1. Методы извлечения рения

В зависимости от природы и состава рений содержащих материалов применяют различные схемы извлечения из них рения. В пылях обжигают молибденовых концентратов рений содержатся преимущественно в виде  $ReO_4$ , что позволяет выщелачивать его водой. Так как, часть рения может находиться в пыли в составе малорастворимых в воде низших оксидов, выщелачивание ведут с добавкой окислителей. Например: пиролюзитом выщелачивают пылей и иногда предшествует предварительные пирометаллургические операции: обжиг с возгонкой или обжиг с добавкой извести для связывания  $MeO$  в молибдат кальция  $CaMoO$ . При последующим выщелачиванием водой малорастворимый молибдат кальция определяют от извлекаемого в раствор перрената кальция  $Ca(ReO)$ . Проведены исследования по извлечению рения из исходных концентратов, методом выщелачивания растворами соды, извести, щелочи и водой в автоклавах с последующими сорбционным выделением рения из раствора. Разработаны схемы хлорно-содового и электрохимического выщелачивания. Способы позволяют при соответствующих условиях извлекать в раствор молибден и рений с высокими технологическими показателями (96-99%) технико-экономические расчеты разработанных схем его переработки операции связанные с возгонкой рения, и заменит возгонные процесса гидрометаллургической операции обеспечивающий селективное высокое извлечение в раствор рения, молибден и вольфрам с последующим разделением этих компонентов в растворе. Главной операцией является окислительное выщелачивание в автоклавах под давлением кислорода и воздуха при повышенной температуре обеспечивающих извлечение в раствор за одну операцию 98 - 97 %. Мо и Re в остатке практически полностью остается As: Sb: P: Cu : и др. Окисление сульфида молибдена

кислородом в водном растворе приводит к образованию двух кислот- молибденовой и серной



Окисление двух важнейших сульфидов-пирита и халькопирита приводит к получению H SO гидрата рения, сульфата и гидроокси меди.

### **ЭКСТРАКЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕНИЯ**

При своих достоинствах (простота экстракционной технологии, высокая эффективность и кинетика процесса) экстракционные методы обладают серьезными недостатками. Малая селективность, недостаточная химическая стойкость, высокая стоимость и большой расход экстрагентов за счет значительной растворимости их и образования эмульсий, низкая температура вспышки и т.д. ограничивают их применение в производствах, имеющих дело с большим объемом раствора содержащих очень малые количества ценных компонентов. Однако приведено большое количество работ по экстракции рения из растворов. Можно экстрагировать из кислых нейтральных и щелочных растворов различными органическими растворителями.

Из водного раствора содержащего относительно большие количества молибдена и малы соединения ЧАС в органическими разбавленным теле содержанием 50 объем % ароматических углеродов экстрагировали рений. В качестве ароматических растворителей рекомендуют пользоваться смесью алкилбензолов, с молекулярным весом 106, 120, 148. Смесью алкилфенолов может содержать наиболее качества углеродов с числом атомов  $c > 8$  и нафтолином. Отношение содержания рения и молибдена в водном экстракте составляет от 1:2000 до 1:3000 при концентрации Fe 50мг/л. Применение смеси алкилбензола указанного молекулярного веса в качестве разбавителя ЧАС обеспечивает сохранение экстракционных свойств органической фазы при многократных циклах экстракционной-реэкстракции.

В работе Адемова А.Ж. и Паломоревой Е.М. изложены результаты исследований по извлечению рения из сернокислых растворов с применением нейтральных экстрактов - ТБФ и смеси высших первичных спиртов (СВПС). Приведены данные по влиянию концентрации кислоты на экстракцию рения нейтральными экстрагентами. При извлечении рения в ТБФ максимум экстракции приходится на 3 моля  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и использовании СВПС-7 и было исследовано экстракция комплексов рения соединений рения велось с помощью тиогликолевой кислоты. В работе Адемова А.Ж. излагаются результаты исследований по экстракции рения из соляно кислых растворов и три-изоалкилфосфинооксидом. Изучено распределение рения экстрагентами из соляно кислых растворов три-изоалкилфосфинооксидом максимум экстракции рения отвечает концентрации соляной кислоты 1н. Хлорид и сульфат натрия оказывают высаливающие действие на переход рения в органическую фазу.

Введение Ди-2-ЭГФК в органической фазу и Fe(3) в исходную водную фазу приводит к резкому снижению экстракционных свойств фосфинооксида по отношению к рению. При экстракции рения из сернокислых растворов нейтральными экстрагентами-ТБФ и смесью высших изоспиртов максимум экстракции на 3м  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (ТБФ) и при использовании Q-7М  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Определены составы соединений образующих перренат ионами с нейтральными экстрагентами. С Q-образующихся моносолеват а с ТБФ-дисолеват. Предложен метод растворения в смеси азотной и фтористоводородной кислоте без нагревания и последующим последовательном экстракционном выделении осмий и рений соответственно бензолом и ТБФ получен данные по коэффициентом распределения Os, Re, W при экстракции бензолом, толуолом, СС1, ТБФ. Целесообразно применять в качестве экстрагента для извлечения рения из азотнокислых растворов сивушное масло. При экстракции рения из бедных растворов в 3-й стадии экстракции извлечение составляет 92-93% .

При экстракции рения из органической фазы извлечение в аммиачной составляет 96%. В последние годы появилось новые типы реагентов, используемых для экстракции рения. К ним можно отнести S, Se, P-содержащие реагенты типа  $\text{RePSi}$ ,  $\text{RePSe}$ ,  $\text{RePO}$  а также соли  $\text{R Px}$ . Полученные экспериментальные данные по экстракции рения (7) в форме иона  $\text{ReO}_4$  содержащими реагентами показывают, что природа экстрагента оказывает существенное влияние на извлечение рения в органическую фазу, причем рост экстракции рения в органическую фазу наблюдается в следующей последовательности:  $\text{R S} < \text{ReSO} < \text{ReSO}$

Наибольшие коэффициенты распределения рения имеют место при использовании в качестве экстрагента ди-н-гептилсульфооксида ( $\text{C}_7\text{H}_{15}$ ) $\text{SO}$ . Одним из наиболее важных факторов, определяющих процесс экстракции, является природа и концентрация кислоты до 7м приводит к росту экстракции рения (7) растворами  $\text{Re SO}$ . В то же время в случае применения ТОФО наблюдается максимальный в области 3м  $\text{HCl}$ . Экстракция  $\text{Re}(7)$  из сернокислых сред протекает более эффективно, чем из соляно-кислых сред. Это, вероятно связано с меньшим конкурирующим действием  $\text{H}_2\text{SO}_4$  на экстрагент. Изучены экстракционные системы  $\text{ReCl}(1)\text{-HCl}(5\text{м})$  - три-н-бутилфосфат (10-100%) - 2, 1- $\text{HCl}(2\text{-}12\text{м})\text{-ТБФ}(30\%\text{-}2, 1\text{HCl})$  (2-12м) ЦГН (50%) - 2, 1- $\text{KNC-HCl}(2\text{-}12\text{м})$  2ЦГН (60%) - 2. Концентрация исходных растворов 0.013м, избыток по отношению к 1 равен 30. Установлено что степень извлечения рения  $E=100\%$ . за один контакт достигается при экстракции 30% ТБФ из 5м раствора  $\text{HCl}$  при экстракции 50% ЦГН из 4м  $\text{HCl}$   $E=75\%$ . В отсутствие  $\text{KNC}$ , ТБФ и ЦГН экстрагируют рения соответственно в виде  $\text{ReOCl}$ , 2ТБФ и  $\text{HReO-Cl*ЦГН}$ . В присутствии  $\text{KNCS}$  состав экстрагируемых соединений отвечает формулам  $\text{H ReO (NCS)-2ТБФ}$  и  $\text{H ReO(NCS)ЦГН}$ . Подтверждена целесообразность использования отходов производства синтетических жирных спиртов и первичных жирных спиртов для экстракции рения из бедных рений содержащих растворов. За 3 стадии реэкстракции степень извлечения в водной реэкстракт составляет 96-98 %.

### **3. ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЕНИЯ ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ МЕДОПЛАВИЛЬНОГО ЗАВОДА АГМК 3.1 ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ**

В качестве объекта исследования было использовано сбросные растворы серной кислоты медеплавильного завода АГМК. Процесс извлечения меди включает в себя следующие операции: - переработки руды и получение медных концентратов; - обжиг медных концентратов; - улавливания летучих соединений; - схема получения меди; - осаждение меди из сбросных растворов; - направление сбросного раствора в хвостохранилищу. Объектом для извлечения рения является сбросные сернокислые растворы медного производства АГМК. Содержание основных элементов приведены в табл. 4. Видно, что повышенное содержание более 1 г/л имеет  $\text{Ca}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{F}$ ,  $\text{As}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Zn}$ . Концентрация некоторых элементов ( $\text{Si}$ ,  $\text{Ti}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Mo}$ ) находится в интервале 0,10 1,0 г/л. Содержание  $\text{V}$ ,  $\text{Ag}$ ,  $\text{Re}$  составляет 0,001-0,003 г/л. Содержание элементов определяли методом нейтронно-активационного и атомно-абсорбционного анализа. Разработке схем попутного извлечения рения осуществляется с применением радио индикаторных методик исследования. По содержанию примесных элементов, раствор очень сложный и при предварительном осаждении меди частично элементы переходят в осадок совместно с медью, но при этом рений находится в растворе, что дает возможность извлечение рения из сбросных сернокислых растворов медеплавильного завода АГМК.

Повышенное содержание фтора могут оказать отрицательное влияние в процессе сорбции поэтому в технологическом процессе предусмотрено предварительное очистки от фторидов с применением гранул стекол.

Содержание основных элементов в сбросных серноокислых растворах АГМК.

1	Наименование элемента	Содержание, г/л
2	SO <sub>4</sub>	10-50
3	Фтор	5 – 8
4	Алюминий	2 – 3
5	Кремний	0,1-0,3
6	Кальций	3 – 4
7	Титан	0,1 - 0,3
8	Ванадий	0,003
9	Железо	2 - 2,5
10	Никель	0,1-0,3
11	Медь	5 - 10
12	Цинк	25 - 30
13	Мышьяк	5 - 7
14	Молибден	0,3 - 0,5
15	Серебро	0,01
16	Рений	0,01 - 0,02

### 3.2 ПОДБОР УСЛОВИЕ ДЛЯ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ

С использованием ТВЭКСов предусмотрен возможность извлечения рения из серноокислых растворов сложного состава медеплавильного завода АГМК. Схема состоит из:

- очистка раствора от фтора;
- сорбционное извлечение осмия;
- сорбция из растворов рения и молибдена;
- очистка десорбата от макроколичеств молибдена;
- очистка раствора от макроколичеств молибдена и меди;
- концентрирования рения повторной сорбции и десорбции;
- электродиализной очистки раствора от примесей;
- твердотельная осаждения перената аммония;
- сушка и получения товарного продукта.

Выбор режимов концентрирования и очистки рения

Лабораторные исследования по извлечению рения из этих безвозвратно-сбросных растворов проводят с помощью твердого экстрагента (ТВЭКС) на основе неионогенной матрицы и триалкиламина (ТАА) и Ди-2-этилгексилфосфорной кислоты.

Сорбцию и десорбцию изучают в статическом, и в динамическом режимах. В первом случае навеску ТВЭКСа контактируют при перемешивании с определенным объемом раствора в течение 1 часа, достаточного для установления химического равновесия. В динамическом режиме раствор пропускают через неподвижный слой ТВЭКСа, находящийся в колонке (диаметр колонок 0,6-1,2см). Концентрационный профиль элементов определяют измерением их радиоактивности в отобранных фракциях элюатов.

Изучают сорбцию и десорбцию рения, молибдена, железа, меди и цинка ТВЭКСом (ТАА), влияние нитрат-ионов на сорбцию рения, зависимость сорбции рения от его концентрации в растворе, скорости пропускания раствора, геометрических параметров колонки, способа обработки сорбента и т.д. Определяют емкость ТВЭКСа (ТАА) по рению в статических и динамических условиях, полноту осаждения рения из упаренных аммиачных растворов в виде перрената калия.

Для увеличения концентрации рения в растворе проводят дополнительное концентрирование рения из подкисленных аммиачных растворов.

Таблица 3.2. Выбор оптимальной концентрации ТАА в пороласе.

№	Содержание ТАА, г/см <sup>3</sup>	ПОЕ ТВЭКСа по Re, г/кг СRe в исх.р-ре-12-15мг/л		ПОЕ ТВЭКСа по Re, г/кг СRe в исх.р-ре 2-3 г/л	
		в 1-м цикле	в 8-м цикле	в 1-м цикле	в 8-м цикле
1	0,1	10	9	40	37
2	0,2	14	13	60	57
3	0,3	19	18	90	85
4	0,4	23	21	110	104
5	0,5	26	24	130	123
6	0,6	30	28	135	124
7	0,7	28	28	140	123
8	0,8	28	25	140	110
9	0,9	30	25	135	115
10	1,0	29	26	133	113
11	1,1	32	25	135	115

Таблица 3.3.

Выбор оптимальной концентрации извести для осаждения молибдена.

№	Содер.Мо в исх.р-ре г/л	Содержание извести, г/л	Содер.Мо после осаждения,мг/л
1	2,5	1,0	600
2	2,5	2,0	300
3	2,5	3,0	180
4	2,5	5,0	70
5	2,5	6,0	65
6	2,5	7,0	60
7	2,5	8,0	50
8	2,5	10,0	50
9	2,5	15,0	48

Определено, что рений достаточно легко извлекают из раствора с помощью ТВЭКСа, коэффициент распределения рения в статических условиях ~200, степень извлечения ~98%. Кривые насыщения показали, что статическая обменная емкость ТВЭКСа (ТАА) по рению составила ~30г/кг, динамическая обменная емкость (ДОЕ) - 20-40 г/кг. Десорбцию рения проводили 10%-ным раствором аммиака в О:В = 1:5. При этом соотношении О:В степень десорбции рения составила 80% и концентрация рения в десорбате достигла 3-5 г/кг.

В табл.6 приведен зависимость степени осаждения молибдена от концентрации извести в растворе, где четко видно, что наиболее оптимальной является концентрация 5-8 г/л.

Во втором цикле сорбции емкость падают на 10-15%, что объясняется влиянием нитрат-ионов, содержащихся в исходном растворе. Этот недостаток устраняется путем обработки ТВЭКСа 1М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при соотношении ТВЭКС : кислота = 1:10 после определенного цикла сорбции-десорбции. Определены величины максимальной скорости пропускания растворов в зависимости от размеров колонки - 50-60 мл/час.

Были проведены исследования по изучению сорбции рения на ТВЭКСе/ТАА из сернокислых растворов (промывная серная кислота), содержащих <14мг/л рения. Параметры используемой в работе колонки: диаметр ~0,6 см, высота рабочего слоя ~14,5-15,0см.

Изучение сорбции рения на ТВЭКСе в динамическом режиме на колонке содержащей ТВЭКС/ТАА в соотношении 2 г/2 мл показало, что сорбция рения мало зависит от скорости прохождения раствора в интервале от 1 до 3 мл/мин, дальнейшее увеличение скорости прохождения раствора существенно влияет на извлечение рения.

Обнаружено, что "проскок" рения до 5% наблюдается при пропускании ~1 л раствора, до 10% после 2-х л растворов, насыщение достигается после прохождения ~6 л раствора. Найдено, что емкость ТВЭКСа/ ТАА по рению составляет 30 г/л. Проведение реэкстракции (десорбции) рения 10 %-ным аммиачным раствором показало, что в реэкстракт переходит ~50 % рения от исходного содержания в ТВЭКСе. Используя различные варианты процесса реэкстракции (десорбции), можно достичь 80 % выхода рения.

В табл.3.4. приведена полная обменная емкость (ПОЕ) ТВЭКСа при исходной концентрации молибдена в растворе 70-80 мг/л в зависимости от концентрации Ди-2-ЭГФК в пороласе, где, что оптимальной является концентрация Ди-2-ЭГФК 0,7-0,9 г/см<sup>3</sup>. Увеличение концентрации более чем 0,9 г/см<sup>3</sup> не позволяет увеличить ПОЕ по молибдену, но зато увеличивается расход экстрагента.

Полученные результаты позволили сделать вывод о целесообразности проведения укрупненно-лабораторных испытаний и установления опытной установки по извлечению рения в цехе медно-плавильного завода.

Таблица 3.4. Выбор оптимальной концентрации Ди-2-ЭГФК в пороласе

№	Содержание Ди-2-ЭГФК, г/см <sup>3</sup>	ПОЕ ТВЭКСа по Мо (С =60-70мг/л)	
		1-й цикл, мг/л	5-й цикл, мг/л
1	0,3	20	16
2	0,4	60	55
3	0,5	110	101
4	0,6	140	130
5	0,7	180	165
6	0,8	190	170
7	0,9	185	168
8	1,0	180	155
9	1,1	180	160

#### **Результаты укрепленно-лабораторных испытаний**

Параметры используемой опытной колонки: диаметр ~ 150мм, высота рабочего слоя колонки ~1000 мм. В колонку было загружено ~ 5 кг ТВЭКСа.

Раствор пропускают через колонку со скоростью ~40-50 л/час. Сорбцию ведут до полного насыщения ТВЭКСа по рению. Общий объем пропущенного раствора при этом составляют ~ 15 куб.м . Емкость ТВЭКСа по рению составляет ~ 30 г/кг, общее количество рения в ТВЭКСе ~120г. Для достижения цели ранее были проведены работы по:

- очистке элюатов рения от органической фазы, смываемой в начальном цикле с полимерной матрицы и ее утилизации;
- концентрирования рения в замкнуто-циклическом процессе;
- усовершенствованию условий осаждения и очистке рения от примесей;
- проведению испытаний в оптимально выбранных режимах с целью подсчета экономических показателей и выдачи исходных данных для проектирования полупромышленной установки.

Проведено 6 циклов сорбции-десорбции (общий объем пропущенного раствора ~ 75 куб.м., и получено 400 г черного рениевого продукта. Результаты испытаний приведен в табл. 3.5.

Таблица 3.5.

Количества полученного рения в результате укрупненно-лабораторных испытаний в АГМК

№	Объем пропуш р-ра куб.м	Сорбция рения				Десорбция рения		
		Кол-ве Re, г		Степень извл., %	Емк. по Re г/кг	Кон-ция Re в десорбате, г	Степень извл., %	Кон-ция Re в десорбате, г
		В исх. р-ре	На ТВЭКСе					
1	15	170	140	82	28	120	85	6,0
2	14	160	120	75	24	120	85	5,5
3	16	160	110	65	22	120	85	5,0
4	10	135	80	60	12	120	85	3,5
5	10	150	80	53	10	120	85	3,4

В результате аффинажа черногового продукта получено 300 г кондиционного перрената аммония марки AP-0, имеющего сертификат качества.

### 3.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕНИЯ

Технологическая схема извлечения рения из сбросных технологических растворов приведена на рис. 2.1. В технологической схеме предусмотрена все узлы замкнутого технологического процесса с учетом материальных балансов системы. Типичный пример расчета материального баланса рения в системе использования ступенчатой последовательной сорбции приведен в п.2.6. В технологической схемы предусмотрены циклическое использование оборотных растворов с целью увеличения степени сквозного извлечения рения.

### 3.4. СХЕМА ЦЕПИ АППАРАТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПРОЕКТА

На основании п.2.1. и п.2.2. сконструирована опытно промышленная установка, принципиальная схема цепи- аппаратов которой приведена на рис.2.2. Установка позволяет извлечению рения из сбросных растворов медеплавильного завода АГМК в динамических условиях с производительностью 100 кг. рения год. Увеличение параметров установки позволить наращивать мощность установки до 700 кг перрената аммония марки AP-0 в год.

### 3.5. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

В сорбционную колонну (рис.2) загружают 200 кг пороласа, насыщенного 200 литрами ТАА.

Для улучшения параметров сорбции проводили предварительную фильтрацию исходных растворов от твердых частиц и перемешивание сорбента в колонке путем пульсации.

Азотно-серноокислый раствор пропускает через 2 колонки установленные последовательным образом. Колонка заполнена ТВЭКСом приготовленные на основе пороласа и ТАА при его концентрации в пороласе 0,6-0,7 г/см<sup>3</sup>. Насыщение пороласа ТАА позволяет удержать в неионогенном матрице активные алкиламины. Оптимальное концентрации ТАА в пороласе составляет 0,6-0,7 г/см<sup>3</sup>. Увеличение концентрации более чем 0,7 г/см<sup>3</sup> не позволяет увеличить ПОЕ по рению, но увеличивается расход дорогостоящего экстрагента.

Насыщение ТВЭКСа по рению определяют расчетным путем на основании объемов пропущенного раствора через колонку и содержание рения определяемые

методами нейтронно-активационного анализа или фотокалориметрии. Сорбцию останавливают после достижения 1-й колонки ПОЕ и колонку промывают водой при соотношении  $V_{тв}:V_{ж} = 1:2$ . Десорбцию рения и молибдена проводят 10-12% раствором аммиака при соотношении  $V_{тв}:V_{ж} = 1:3$ , при скорости раствора 50-60 л/час. Из десорбата удаляют аммиак до  $pH = 7-8$ , путем нагревания раствора до 60-70 °С в реакторе с паровой рубашкой.

Для осаждения макроколичеств молибдена в виде молибдата кальция используют гашенную известь при концентрации 5-8 г/л. В нутч-фильтре отделяют кек и сбрасывают. Фильтрат подкисляют серной кислотой до  $pH = 1-2$  и для селективного доизвлечения молибдена, меди и мышьяка пропускают через колонку N:2 диаметром 40 мм и высотой 500 мм со скоростью 3-5 л/час, содержащий ТВЭКС, состоящий из пороласа предварительно нанесенный на него Ди-два-этилгексилфосфорной кислоты (Ди-2-ЭГФК) при соотношении  $V_{т}:V_{ж} = 1:1$ . Концентрация Ди-2-ЭГФК в пороласе составляет 0,7-0,9 г/см<sup>3</sup>. Полный обменный емкость (ПОЕ) ТВЭКСа при исходной концентрации молибдена в растворе 70-80 мг/л в зависимости от концентрации Ди-2-ЭГФК в пороласе, где, что оптимальной является концентрация Ди-2-ЭГФК 0,7-0,9 г/см<sup>3</sup>.

Увеличение концентрации более чем 0,9 г/см<sup>3</sup> не позволяет увеличить ПОЕ по молибдену, но зато увеличивается расход экстрагента. С целью концентрирования рения раствор после колонки N:2 пропускают через колонку N:3 диаметром 40 мм и высотой 500 мм со скоростью 3 л/ч заполненную ТВЭКСом - предварительно обработанный поролас с ТАА при соотношении  $V_{т}:V_{ж} = 1:1$ . Концентрация ТАА в пороласе составляет 0,6-0,7 г/см<sup>3</sup>. Емкость сорбента после сорбции составляет 90-100 г/кг.

Десорбцию рения осуществляют в колонке путем пропускания 10%-ной аммиачной воды со скоростью 0,5 л/ч при соотношении  $V_{т}:V_{ж} = 1:3$ . Остаточная емкость сорбента по рению составляет 8-9 г/кг. Содержание рения в десорбате составляет Re-25-30 г/л, а примесных элементов (мг/л): Mo-0,1-0,2; As-0,2-0,3; Cu-0,2-0,3. Десорбат подогревают до температуры 70-80 град.С для частичного удаления аммиака до  $pH = 8-9$  и охлаждают до комнатной температуры (20-24 град.С.).

Раствор фильтруют и осадок растворяют в дистиллированной воде и подвергают в электродиализный процесс. В циклическом процессе раствор после фильтрации подкисляют серной кислотой до  $pH = 1-2$  и подают в колонку N:3. После электродиализной тонкой очистки рения от примесных элементов, в электролит добавляют аммиачную воду до  $pH = 8-9$ , раствор фильтруют, осадок сушат и получают перрената аммония, удовлетворяющих требованию ОСТ 48-26-80.

Раствор после кристаллизации подкисляют и подают в колонку N:3. Степень сквозного извлечения рения из сбросных серноокислых растворов составляет не менее 95 % с учетом повторных циклов и двухстадийного процесса сорбции.

#### ***Предлагаемый способ дает преимущества:***

-упрощается процесс получения перрената аммония соответствующего ОСТ 48-26-80 из серноокислых растворов сложного состава, содержащих повышенное содержание меди, цинка, мышьяка, алюминия, фтора и др. за счет высокой емкости сорбента по рению (до 7-15 г/кг) из исходного раствора.

- уменьшается потери экстрагентов при циклическом технологическом процессе, следовательно уменьшается себестоимость получаемого продукта.

### **3.8. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ**

В проекте отсутствуют взрывоопасные процессы. Увлажненные ТВЭКСы не являются прямым образом пожароопасным и не требуются применение автоматического пожаротушения, как в случае применения экстрагентов с растворителями (керосин, спирт и т.п.). В технологическом процессе используются серная кислота, аммиак, известь. Работа с вышеназванными реактивами осуществляется согласно существующий

инструкции с химическими реагентами. Обслуживающий персонал допускается к работе после прохождения специальной подготовки, инструктажа и имеющий не менее 3-й разряд.

В проекте отсутствуют взрывоопасные процессы. Увлажненные ТВЭКсы не является прямым образом пожароопасным и не требуются применение автоматического пожаротушения, как в случае применения экстрагентов с растворителями (керосин, спирт и т.п.). В технологическом процессе используются серная кислота, аммиак, известь. Работа с вышеназванными реагентами осуществляются согласно существующей инструкции с химическими реагентами. Обслуживающий персонал допускается к работе после прохождения специальной подготовки, инструктажа и имеющий не менее 3-й разряд. В СНГ охрана труда рабочих и служащих является одной из главных задач организации труда и представляет систему мероприятий, обеспечивающих здоровые и безопасные условия труда.

Санитарно-гигиенические требования к производственной среде определяют условия, при которых исключаются профессиональные заболевания и профессиональные отравления.

Техника безопасности представляет совокупность мероприятий по предупреждению производственного травматизма, изучению и обобщению накопленных знаний в этой области и дальнейшее исследование и изыскание методов и мероприятий по созданию безопасных условий труда. К технике безопасности относятся также внедрение безопасной техники и технологии производства и изучение безопасных приемов работы.

К средствам индивидуальной защиты относятся: спецодежда, спец обувь, фартуки, перчатки, рукавицы, специальные головные уборы, защитные очки, респираторы, противогазы, противошумы, маски, щитки, предохранительные пояса и электрорезиновые средства.

Спецодежда, спец обувь и предохранительные приспособления являются средствами защиты тела, органов дыхания, слуха, зрения, головы и рук человека от травм, отравлений и профессиональных заболеваний, а также от возможного поражения электрическим током, тепловыми и другими излучениями.

Спецодежда предназначена для защиты тела человека от воздействия вредных факторов производственной среды: агрессивных жидкостей (кислоты, щелочи и т.д.), масел, искр, брызг, расплавленных материалов, от воды и холода.

Спецодежда по конструкции разделяется на куртки, брюки, комбинезоны, халаты, полупальто, брюки и куртки на утепленной подкладке. Спецодежда изготавливается отдельно для мужчин и для женщин.

Спецобувь предназначена для защиты ног человека от механических повреждений, высоких температур искр и брызг расплавленных материалов, едких жидкостей (кислоты, щелочи и др.) масел, бензина, от воды и холода и от действия электрического тока. Спецобувь подразделяется на кожаную, резиновую и валяную.

Предохранительные приспособления: очки, респираторы, противогазы, предохранительные пояса, диэлектрические перчатки, галоши, боты и др.

Защитные каски предназначены для защиты головы работающих от механических повреждений, ожогов, поражения электрическим током и от попадания влаги.

Рукавицы и перчатки, предназначены для защиты рук рабочих от механических повреждений, термических и химических ожогов, от действия вредных излучений и электрического тока, от холода и воды. Противогазы и респираторы относятся к средствам защиты органов дыхания. По способу обеспечения человека чистым воздухом они подразделяются на фильтрующие и изолирующие. К фильтрующим относятся противогазы, респираторы. К изолирующим относятся кислородные изолирующие и шланговые приборы.

### ***Серная кислота***

Серная кислота при нагревании выделяет пары серного ангидрида, который с водяными парами воздуха образует белый туман; при смешивании с водой выделяет большое количество тепла, что является причиной разбрызгивания кислоты. При приготовлении разбавленной серной кислоты следует вливать кислоту в воду, а не наоборот. Приготавливать разбавленную серную кислоту в стеклянных бутылках запрещается.

Серная кислота, попадая на кожу, вызывает ожоги: тяжелые последствия могут быть при попадании кислоты в глаза. Серная кислота раздражает и прижигает слизистые оболочки верхних дыхательных путей и в особенности носа.

При работе с серной кислотой необходимо пользоваться фильтрующими противогазами с дополнительными противодымными фильтрами, одевать суконную спецодежду, резиновые сапоги фартук, резиновые перчатки и защитные очки.

При попадании любой кислоты на кожу необходимо немедленно удалить ее обильным промыванием водой из крана или шланга под давлением, после чего промыть 5 % раствором пищевой содой.

При ожоге второй и третьей степени необходимо промыть пораженное место водой и покрыть его стерильной повязкой до прихода врача.

При попадании капель кислоты в глаза необходимо промыть их сильной струей воды, а затем 3 % раствором пищевой соды, после чего обратиться в медицинский пункт

### ***Промышленная вентиляция.***

Вентиляция является наиболее эффективным средством обеспечения гигиенических качеств воздуха благодаря перемещению загрязненного воздуха из помещения и свежего воздуха в помещении.

По своему назначению вентиляция бывает приточной, вытяжной и приточно-вытяжной, а по способу воздухообмена-местной и общеобменной.

Приточная вентиляция обеспечивает подачу в помещение свежего воздуха вентиляторами взамен удаляемого естественным путем загрязненного воздуха. Вытяжная вентиляция обеспечивает удаление из помещения вентиляторами загрязненного воздуха за пределы цеха при естественном поступлении свежего воздуха. Местная вытяжная вентиляция обеспечивает удаление загрязненного воздуха непосредственно от мест его образования.

### ***Меры защиты от поражения электрическим током.***

Для предупреждения поражений людей электрическим током необходимо: исключить возможность соприкосновения человека с частями, находящимися под напряжением, применять безопасное напряжение, заземлять металлические части электроустановок и применять защитные средства.

К защитным средствам относятся: резиновые диэлектрические перчатки, боты, галоши, коврики; переносные заземления, временные ограждения, указатели напряжения, предупредительные плакаты, изолирующие колпаки накладки.

Все изолирующие защитные средства делятся на основные и дополнительные. Основные изолирующие средства надежно выдерживают рабочее напряжение электроустановки и ими допускается касание токоведущих частей, находящихся под напряжением. Правила техники безопасности предусматривают комплекс мероприятий по оказанию первой помощи пострадавшим от действия электрического тока и при других несчастных случаях.

Помощь пострадавшему от действия электрического тока зависит от быстроты, освобождения его от напряжения, а также от быстроты и правильности оказания пострадавшему первой помощи, т.к. промедление и длительная подготовка могут повлечь за собой гибель пострадавшего.

В местах постоянного дежурства должны иметься: набор необходимых приспособлений и средств для оказания первой помощи, а также плакаты о правилах первой помощи, производства искусственного дыхания и наружного массажа сердца вывешенные на видных местах .

Для правильной организации работ по оказанию первой помощи необходимо:

- в каждой смене цеха выделить ответственных лиц за систематическое пополнение и состояние приспособлений и средств для оказания первой помощи хранящихся в аптеках и сумках первой помощи;
- в каждой смене выделить и обучить и обучить специальных лиц для оказания первой помощи и возложить на них ответственность за состояние в их смене указанных выше аптечек и сумок;
- медицинскому персоналу осуществлять строгий периодический контроль за правильностью применения оказания первой помощи, своевременным и обязательным направлением пострадавшего в медицинский пункт, а также за состояние и своевременным пополнением аптечки и сумок необходимыми приспособлениями и средствами для оказания первой помощи.

Первую помощь пострадавшему оказывать до прибытия врача.

Не зависимо от состояния пострадавшего после освобождения его от действия электрического тока необходимо вызвать врача. Если пострадавший находится в сознании, ему до прибытия врача необходимо обеспечить полный покой, а в дальнейшем он должен находиться под медицинским наблюдением на месте или срочно доставлен в медицинское учреждение. Если пострадавший находится без сознательном состоянии, но с сохранившимся дыханием, его до прибытия врача следует удобно уложить, расстегнуть одежду, создать приток свежего воздуха и обеспечить покой. Пострадавшему нужно давать нюхать нашатырный спирт, обрызгать водой, растирать и согревать тело. Если пострадавший не дышит, следует немедленно приступить к искусственному дыханию и массажу сердца.

Искусственное дыхание производится непрерывно до положительных результатов или до прибытия врача, который решает вопрос о прекращении искусственного дыхания.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В эскизе проекта рассмотрены строительство цеха по извлечению рения из азотно-серноокислых растворов азотно-кислотной переработки молибденового концентрата. На основании обобщения литературных данных, можно сказать, что наиболее целесообразным для извлечения рения из сбросных растворов является использование смешанных твердых экстрагентов, состоящие из неионогенной матрицы и активных экстрагентов. Достоинством ТВЭКСов является относительная быстрота протекания процесса сорбции, высокая емкость, возможность циклического использования сорбента без потери активных компонент, возможность более высокой степени десорбции рения и высокая селективность разделения элементов. Основой для составления проектно-чертежной документации являлись результаты лабораторной и укрепленно-лабораторной испытаний схемы извлечения рения из сбросных азотно-серноокислых растворов азотно-кислотной разложения молибденового концентрата выполненные авторским коллективом под руководством проф. Саттарова Г.С..

Данный проект выполнен в типичном аспекте и показана возможность реализации способа не нарушая циклических материально - возвратных показателей существующего процесса. Реализации данного проекта могут быть полезным не только с целью извлечения ценного редкого металла - рения, но и он представляет интерес с экологической точки зрения для утилизации отходов производства направляемых в хвостохранилищу. Чистый годовой прибуыл в УзКТЖМ составляет 70,3 тыс. \$ США, при рентабельности 80 %. Окупаемость капитальных затрат не более 1 года азотно-серноокислых растворов азотно-кислотной переработки молибденового концентрата. На основании обобщения литературных данных, можно сказать, что наиболее целесообразным для извлечения рения из сбросных растворов является использование смешанных твердых экстрагентов, состоящие из неионогенной матрицы и активных экстрагентов.

Достоинством ТВЭКСов является относительная быстрота протекания процесса сорбции, высокая емкость, возможность циклического использования сорбента без потери активных компонент, возможность более высокой степени десорбции рения и высокая селективность разделения элементов.

Известные способы не предусматривают комплексной утилизации отходов. Показатели предлагаемого проекта превосходят аналоги по возможности комплексного использования отходов, для обеспечения материальных нужд производства с попутным получением ценных металлов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В.И. Бибикова, С.М. Барышникова, К.В. Марунова, З.А. Семенова //Сб. *Металлургия рения*. М.,Наука. 1970. с.49-53
2. С.Д. Караваева, Н.М. Рубинштейн, Е.А. Букетов //Сб. *Металлургия рения*. М., Наука. 1970. с.72-76
3. А.Н. Зеликман, Г.А. Меерсон //Металлургия редких металлов. М.: "Металлургия", 1973. -606стр.
4. А.Н. Зеликман, В.М. Нерезов //Цв.мет. N 1. 1968. с.65-68.
5. В.П. Травкин, Б.Н. Ласкорин, Т.Д. Гурдзибеев, В.В. Якшин, Г. Саттаров и др. *Способ разделения рения и молибдена*. Авт. Свид. СССР, N 1476929, 1989.
6. А.Н. Зеликман, Л. Дрэган //ЖНХ, 12. 1967, с.261.
7. Г.А. Бродская, Е.С. Гуреев, О.У.Гапурова //Радиохимия N 6.1988. с.769-774.
8. А.Н. Зеликман, Л.В. Мякишева, Л.А. Ильинская, Б.А. Байбекова //Цв.металлы. 1986. N:6. с. 66-70.
9. Скерджев Ю.М., Саттаров Г., Кист А.А. и др. // *Перспективы атомн.промышленности*. Сер. технолог., 1988, N 6, с.18-21,
10. Т.А. Ягодин, В.И. Савельева, Т.Н. Киреева и др. //Иzv. вузов Химия и хим.технология. 1984. т.27. Вып.10. с.1179-1184.
11. Саттаров Г., Скерджев Ю.М., Кадиров Ф., Кист А.А. и др. // *Опыт применения меченных нуклидов при разработке схем попутного извлечения металлов* // Препринт ИЯФ АН РУз., 1991, P-3-530.