

ВКЛАД ИНСТИТУТА МЕТАЛЛУРГИИ И ОБОГАЩЕНИЯ В ОРГАНИЗАЦИЮ ПРОИЗВОДСТВА СОЕДИНЕНИЙ РЕНИЯ И ИЗОТОПА ОСМИЙ-187 В КАЗАХСТАНЕ

З.С. Абишева, президент, А.Н. Загородняя, главный научный сотрудник

Акционерное общество «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения», Алматы,

0550010 Республика Казахстан

e-mail: abisheva z@mail.ru

Приведены разработанные и внедренные в производство в Казахстане технологические схемы извлечения рения и осмия из техногенных источников сырья, образующихся на заводах при получении меди и свинца из концентратов. Разработана и проверена в полупромышленном масштабе технология извлечения рения из фильтратов сорбции урана.

Ключевые слова: рений, осмий-187, молибденовое, медное, свинцовое, урановое производства, технология.

Казахстан – уникальная редкометалльная провинция, ряд месторождений которой относится к ренийносным: медно-молибденовые – Бозшаколь, Конырат, Актогай; молибденовое – Коктенколь; медистые песчаники – Жезказган, горючие сланцы – Байхожа; урановые – Уванас, Канжуган, Мынкудук, Моинкум [1 – 4]. В медных рудах некоторых месторождений Казахстана учеными бывшего Института геологических наук Академии наук Казахской ССР Т.А. Сатпаевой, С.К. Калинин и Э.И. Файном был обнаружен и осмий, причем он более чем на 99% представлен изотопом осмий-187 (далее моноизотоп или осмий-187).

Извлечение рения в Казахстане осуществлялось на двух медных заводах (Балхашском – БМЗ и Жезказганском – ДМЗ) и одном свинцовом (Чимкентский – ЧСЗ). На медных заводах, начиная с прошлого столетия, производили медь из концентратов, полученных из руд различных месторождений, которые, наряду с целевым металлом, содержат рений, молибден и осмий. Первоначально в Балхаше перерабатывали медные концентраты, полученные из руд Коунрадских месторождений, позднее – Саякского и Жезказганского. Пыли и шламы, образующиеся при переработке медного концентрата на целевой металл по схеме плавка медной шихты – конвертирование штейна и содержащие в основном свинец, отправляли на свинцовые заводы Казахстана. При обогащении руд Коунрадского и Саякского месторождений получали также кондиционные и некондиционные молибденовые концентраты, которые отправляли на заводы черной металлургии (кондиционные) либо перерабатывали на месте с получением молибдата кальция (некондиционные).

Пионером в области разработки технологий извлечения рения из техногенного сырья, образующегося при переработке молибденовых и медных концентратов, пылей свинцового производства, и изотопа осмий-187 из про-

дуктов переработки жезказганского концентрата в Казахстане является Институт металлургии и обогащения (ИМиО) Академии наук Казахской ССР (ныне АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения», АО «ЦНЗМО»). Работы по рению ведутся с 1944 г. по настоящее время, по осмию – с 1974 г. также по настоящее время.

Извлечение рения на Балхашском медеплавильном заводе

Как отмечалось выше, некондиционные концентраты перерабатывали по схеме обжиг – выщелачивание огарка – осаждение молибдата кальция. Так как в начале 30-х годов XX века стало известно, что молибденовые руды содержат и рений, то внимание ученых сосредоточилось на промпродуктах, образующихся при переработке медных концентратов, в первую очередь, на пылях. Первые исследования в Институте, начиная с подбора методик количественного определения рения, изыскания способов его извлечения из твердых продуктов и растворов, заканчивая разработкой технологии, были выполнены сотрудником О.А. Суворовой в 1944 г. Проведен большой комплекс технологических экспериментов по извлечению рения из пылей, отобранных из различных агрегатов (обжиг в токе кислорода, спекание с гидроксидом кальция), по осаждению перрената калия из растворов, по выделению рения из растворов электролизом. Отработаны оптимальные режимы каждого процесса.

Следует отметить, что сотрудники Института «ГИРЕДМЕТ» определили содержание рения в молибденовом концентрате и в пылях различных агрегатов удивительной системы еще в 1941 г. В результате совместной работы сотрудников ИМиО, БМЗ и ГИРЕД-МЕТа была разработана и в 1948 г. внедрена технология получения перрената калия из пылей от обжига некондиционных молибденовых

концентратов [5]. Технология включала следующие операции: спекание с твердой гашеной известью, выщелачивание спека водой, выпаривание растворов, осаждение черновой соли $KReO_4$, перекристаллизация. Степень извлечения рения из пылей в перренат калия составляла 80 – 87.5%. Фактически это было первое промышленное производство рения в бывшем Советском Союзе. Однако в целом степень извлечения рения из концентратов не превышала 7%.

Последующее усовершенствование процесса обжига концентратов и уловительной системы газоочистки позволило перевести большую часть возогнанного рения в растворы газоочистки (рис. 1). Поэтому в конце 60–х годов прошлого столетия извлечение рения из пылей было приостановлено, а организовано новое, из растворов газоочистки и маточных растворов с получением перрената аммония NH_4ReO_4 – соли, наиболее пригодной для производства металлического рения (рис. 2).



Рис. 1. Распределение рения по продуктам обжига некондиционных молибденовых концентратов до (а) и после (б) усовершенствования процесса, %.

Тем не менее, несмотря на существенный прорыв, разработанная технология была очень громоздкой и трудоемкой: перренат аммония получали из промежуточной соли $KReO_4$ и уже NH_4ReO_4 затем многократно перекристаллизовывали, чтобы он стал кондиционным по содержанию молибдена.

Ученые ИМиО поставили перед собой задачу разработать более компактную технологию, основанную на сорбционном методе. Большой комплекс теоретических исследований по сорбции с учетом химических свойств молибдена и рения, а также свойств ионообменных смол, выполненный сотрудниками Института, позволил разработать технологию селективного извлечения рения из смеси маточных растворов и системы газоочистки на слабоосновном анионите АН–21 гелевой структуры с высоким содержанием дивинилбензола [6]. Указанным ионитом рений селективно сорбировали из объединенных растворов, а молибден из фильтратов выделяли сорбцией на анионите АН–1 (рис. 3). Внедрение технологии селективного извлечения рения из растворов переработки некондиционных молибденовых концентратов способствовало повышению степени извлечения рения, привело к сокращению расхода Na_2CO_3 , H_2SO_4 в три раза, позволило ликвидировать использование сульфата свинца и угля марки КАД. Технологию успешно эксплуатировали до полной выработки месторождений медно-молибденовых руд. В настоящее время производство рения на БМЗ остановлено, хотя в перспективе «Корпорация «Казахмыс», в ведении которой находится БМЗ, планирует разрабатывать Актогайское и Айдар-

линское месторождения, руды которых по минералогическому составу аналогичны Коунрадской руде.

В 1964 г. на БМЗ было организовано производство рения из промывной серной кислоты, состав которой приведен в таблице, с получением NH_4ReO_4 по технологии, аналогичной приведенной на рис. 2.

Однако практика выявила недостатки технологии, включающей две операции концентрирования рения (сорбция на угле КАД из промывной серной кислоты и на ионите АН–2Ф из нейтрализованных содовых десорбатов), а именно: многооперационность процесса; низкая емкость по рению угля КАД и АН–2Ф; разрушение сорбента в агрессивных средах; быстрая потеря сорбционных свойств угля, который приходится заменять через 3 – 4 цикла – отсюда повышение себестоимости продукции; необходимость применения соляной кислоты для нейтрализации содовых десорбатов.

В тот же период времени начались интенсивные исследования по синтезу ионитов. Результатом большой научно-исследовательской работы по выбору анионитов, пригодных для извлечения рения из промывной серной и десорбции из них рения водным раствором аммиака, выполненной группой сотрудников ИМиО под руководством К.Б. Лебедева, стал анионит АН–21. Далее в бывшем Кемеровском научно-исследовательском институте химической промышленности специально для исследований синтезировали указанный анионит АН–21 гелевой и пористой модификаций с различным содержанием дивинилбензола, различной пористостью и разными порообразователями.

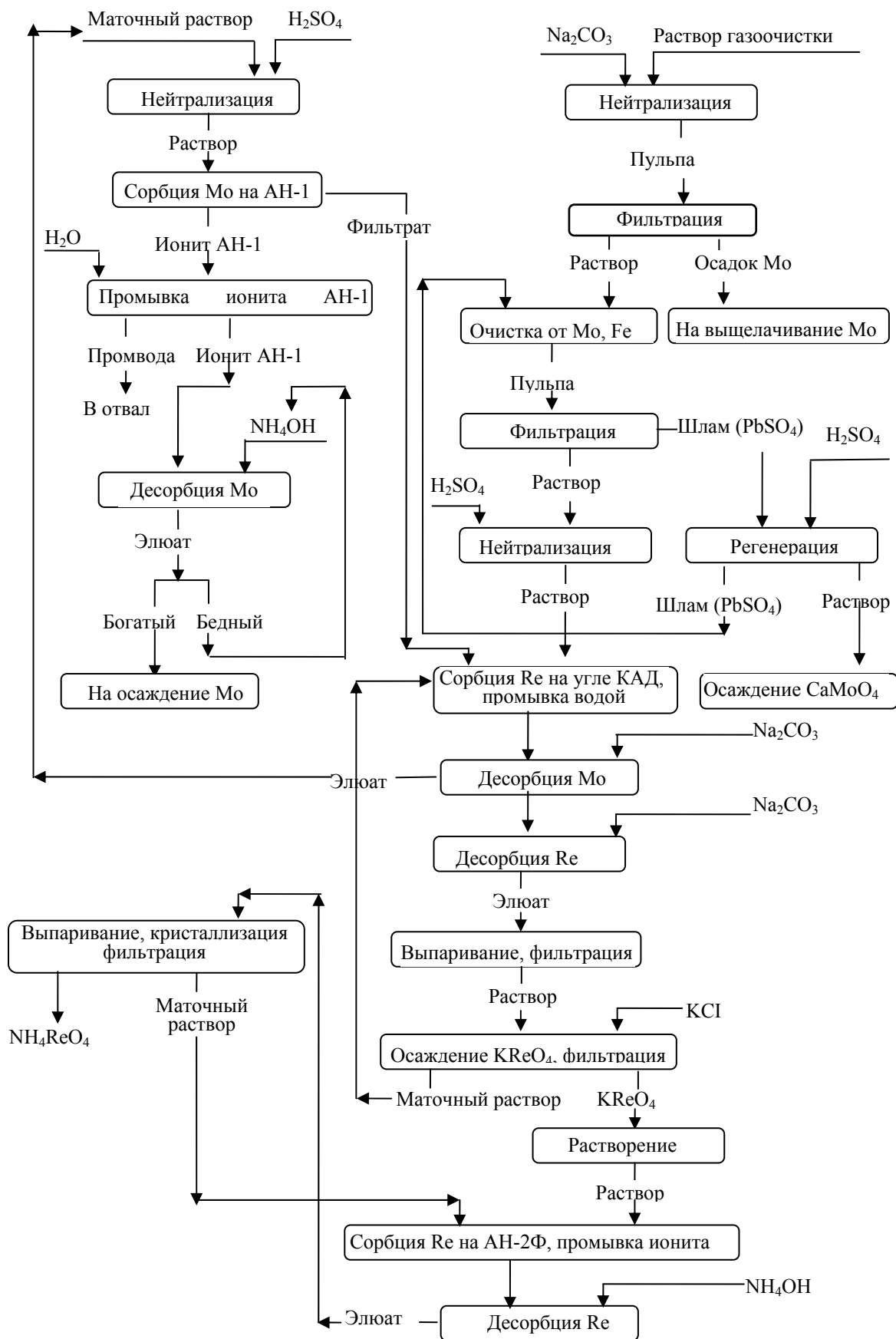


Рис. 2. Технологическая схема извлечения рения из растворов от переработки некондиционных молибденовых концентратов.

Проведенные исследования позволили выявить закономерности сорбционного извлечения рения из промывной серной кислоты, десорбции его из анионита аммиаком в зависимости от

ряда факторов, характерных для сорбционных процессов, определить технологические параметры [6, 7].

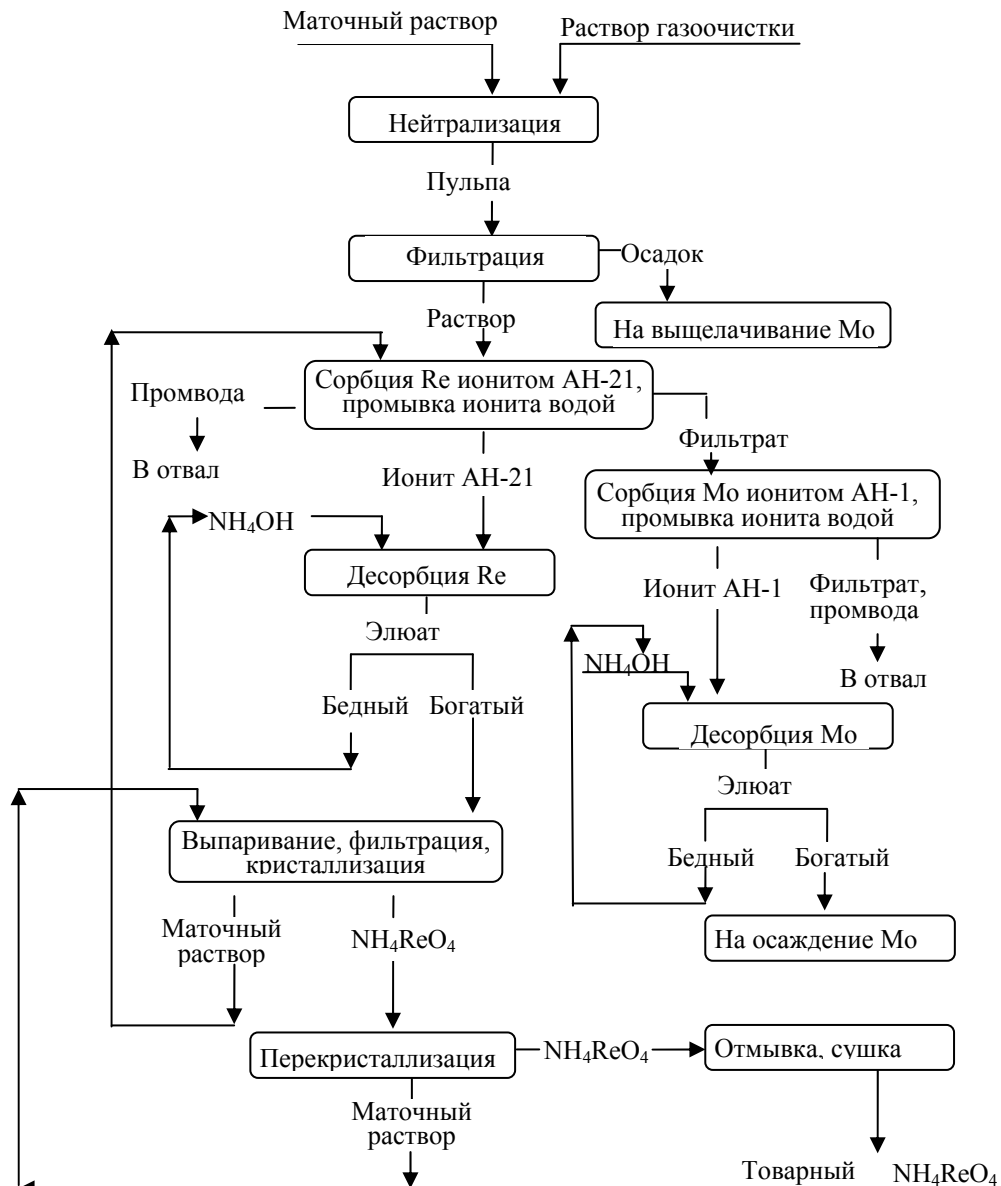


Рис. 3. Технология селективного извлечения рения из растворов от переработки некондиционных молибденовых концентратов.

Установлено, что полная динамическая емкость анионита АН-21 в 2.5 раза выше, чем анионита АН-2Ф. В связи с этим в 1967 г. анионит АН-21 стали использовать на второй стадии концентрирования, в 1969 г. — на первой. Степень извлечения рения по сравнению с прежней технологией возросла на 7.8% и составила 89.1%. В 1975 г. анионит АН-21х16 пористой модификации был внедрен на второй стадии сорбции. Это позволило сократить расход аммиака, увеличить концентрацию рения в элюатах, направляемых на выпаривание, и, как следствие, сократить энергозатраты более, чем в 2 раза. В начале 90-х годов из-за отсутствия

сырья производство рения, а позднее серной кислоты было прекращено.

По инициативе «Корпорации «Казахмыс», начиная с 2006 г., на БМЗ вновь стал поступать Жезказганский концентрат. Несмотря на возобновление в 2008 г. производства серной кислоты, а, следовательно, и промывных растворов, рений по настоящее время не извлекается. В среднем в год теряется от 2 до 3 тонн рения. Нужно отметить, что производство серной кислоты на БМЗ по канадской технологии отличается и оборудованием, и технологическими операциями от реализуемого обычно на предприятиях цветной металлургии.

Состав промывной серной кислоты медных заводов и растворов свинцового завода Казахстана

Концентрация, г/дм ³	Промывная серная кислота медных заводов			Растворы от вскрытия пылей ЧСЗ
	БМЗ в советские годы	БМЗ в настоящее время	ДМЗ	
H ₂ SO ₄	124.3 – 286.0	37.66 – 76.44	82 – 153	20.5
Re	0.050 – 0.185	0.0049 – 0.012	0.1 – 0.450	0.08
Zn	1.0 – 5.1	0.053 – 0.38	1.5 – 3.5	100.0
Cu	0.092 – 0.26	0.0005 – 0.0026	0.2 – 0.5	0.02
Cd	0.03 – 0.068	0.0072; 0.04	0.2 – 0.4	23.7
Fe	0.088 – 0.82	0.0012; 0.0072	0.1 – 0.3	0.6
SO ₄ ²⁻				110.5
As	1.14 – 1.3	0.212 – 2.73	0.8 – 2.5	3.2
Se	Сл. – 0.02	0.021 – 0.041	0.0002 – 0.0004	
Pb	0.0 – 0.007	0.0042 – 0.0086	0.005 – 0.007	
Mn	0.0016 – 0.01	0.001		
Sb	0.006 – 0.03	0.0007 – 0.0012		
K	0.0077–0.31	0.007; 0.02	0.05 – 0.09	
Na	0.62 – 1.65	0.25; 0.38	0.3 – 0.5	
Mo	0.0003	0.0002 – 0.0004		
SiO ₂	0,004–0,015	0.48 – 0.63	0.2 – 0.4	
Cl	1.89 – 3.64	0,196 – 0.225	3.6 – 4.5	10.0
F	2.58	0.508 – 0.798	0.5 – 0.8	
Bi	0.016	0,0003; 0,0076		
Te		0.0006; 0, 0.0007	0.001 – 0.008	
Os		0.00012	0.0005 – 0.0008	
Tl				0.2
In				0.1

В частности, растворы от промывки металлургических газов (промывная серная кислота) не циркулируют и не отстаиваются, и количество сбрасываемых растворов в результате превышает 1000 м³ в сутки. По инициативе АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения» осуществлен мониторинг поведения рения на предприятии. Концентрация рения в растворах при стабильном оптимальном режиме, как нами было установлено, колеблется от 6.5 до 12 г/дм³, концентрация серной кислоты – 60 – 80 г/дм³, количество твердого от 0.080 до 0.600 г/дм³ (табл.). При циркуляции растворов и их отстаивании, как делалось ранее на БМЗ и делается на ДМЗ, на извлечение рения выводилось и выводится по 100 м³ растворов в сутки с содержанием металла от 100 мг/дм³ и выше, твердого – 20 мг/дм³. Перед извлечением рения растворы дополнительно очищают от твердых взвесей.

Значительный объем сточных вод и наличие в них рения в промышленно значимых количествах явилось основанием для возобновления производства перрената аммония на БМЗ. В перспективе производство рения будет увеличиваться за счет освоения месторождений Актогай и Бозшаколь. Нами установлено, что твердое, содержащееся в сточных водах нынешнего БМЗ, в отличие от твердого ДМЗ, представлено двумя типами осадков:

высокодисперсный черного цвета (в незначительном количестве) и коллоидный красного цвета – селен красной модификации [8]. С таким содержанием твердого извлечение рения весьма сомнительно. С учетом состава твердого в нынешних растворах БМЗ нами проведена работа по разделению твердой и жидкой фаз различными способами: экспозиция, фильтрация через песчаный фильтр, центрифугирование, осаждение флокулянтами, коагулянтами [9]. Обоснован сорбционный метод извлечения рения; выбраны марка анионита (А170), элюент (аммиак) [10, 11]; предложена технология (рис. 4).

Проведены также работы по извлечению рения из медных и молибденовых концентратов, пылей от плавки медной шихты и конвертирования штейна, но, к сожалению, они не были реализованы на практике. Результаты исследований опубликованы в виде многочисленных статей и в книге [5], доложены и обсуждены на конференциях, посвященных рению, редким металлам, сорбционным и экстракционным процессам. В 1960 г. издана монография К.Б. Лебедева «Рений» [12], которая переведена на английский язык и издана в Лондоне [13]. После переработки и дополнения в 1963 г. вышло второе издание [5], также переведенное на английский язык и изданное в Вашингтоне [14]. Монография по настоящему времени является настольной книгой для специалистов.

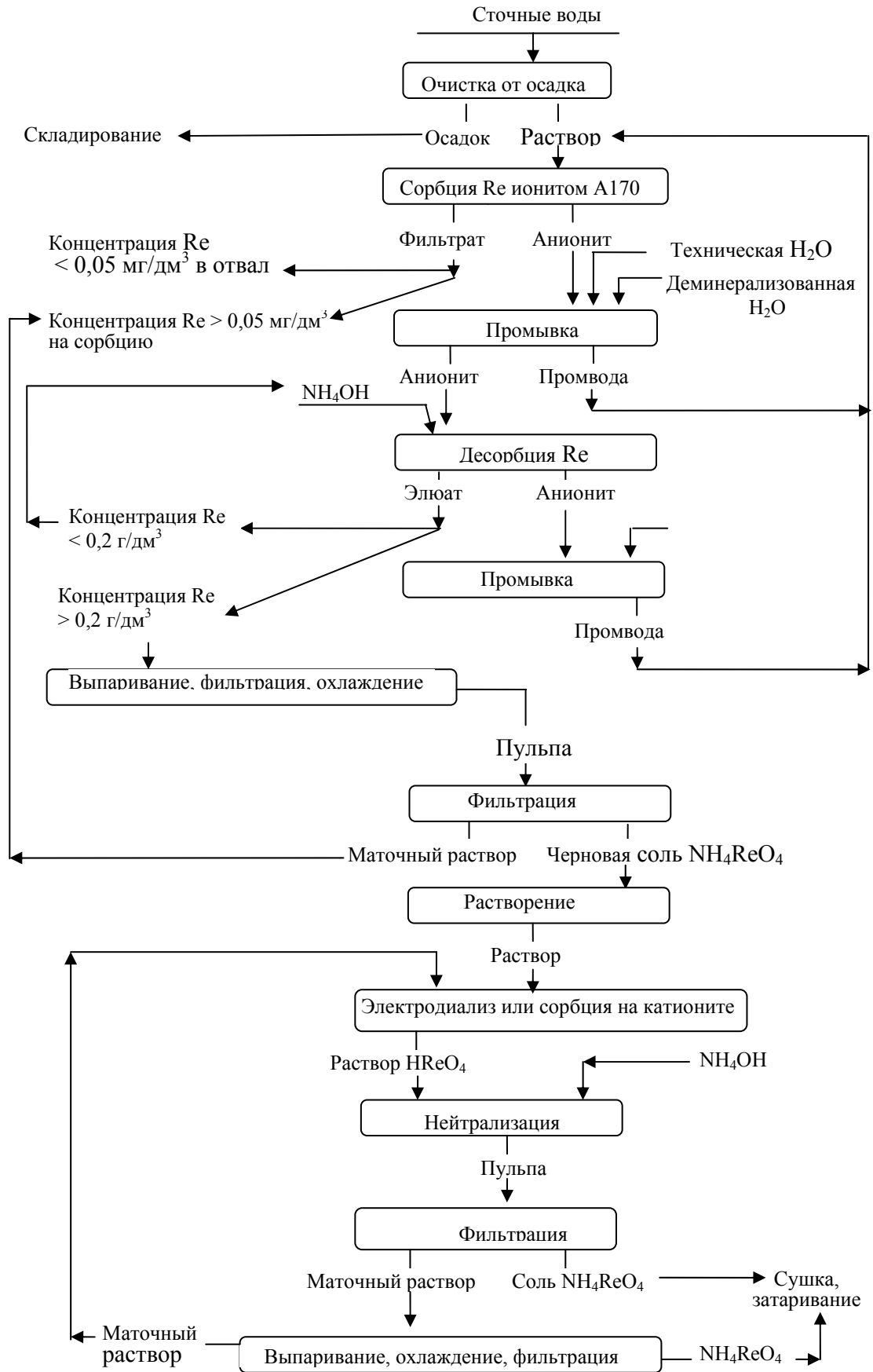


Рис. 4. Технологическая схема извлечения рения из сточных вод БМЗ.

Извлечение рения и осмия на Джезказганском медеплавильном заводе

Извлечение рения из промывной серной кислоты на ДМЗ начато в 1975 г. по экстракционной технологии, разработанной Институтом «ГИНЦВЕТМЕТ» [15].

Акционерным обществом «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения» впервые в мировой практике изучено распределение рения

и осмия по продуктам переработки медного концентрата от плавки медной шихты до получения черновой меди, серной кислоты и перрената аммония (рис. 5), в том числе определено содержание рения в газовой фазе по методике, разработанной в нашей организации [16]. Выявлены продукты, с которыми теряется рений.

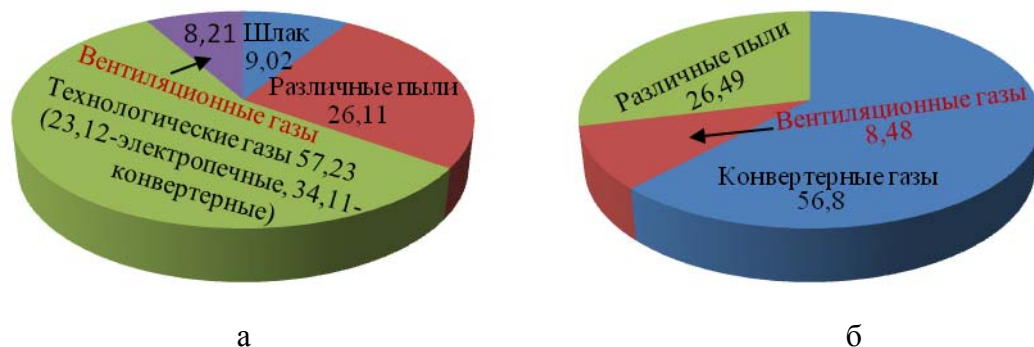


Рис. 5. Распределение рения (а) и осмия (б) по продуктам электроплавки медной шихты и конвертировании штейна, %.

Установлено, что до 10% рения от его содержания в шихте теряется за счет смешения маточных растворов, содержащих до 10 г/дм³ металла, с промывной серной кислотой. На основании фундаментальных и прикладных исследований по комплексным солям рения предложена технология локальной переработки маточных растворов твердофазной рекстракции и получения чернового NH_4ReO_4 из пульпы с извлечением рения в виде малорастворимых комплексных аммиаков цинка, с последующим получением из них путем разложения либо водой, либо минеральными кислотами перрената аммония [17, 18]. Технология, схема которой приведена на рис. 6, внедрена в производство в 1996 г. и функционирует по настоящее время.

Выданы рекомендации по вовлечению в сферу производства газов от электроплавки шихты. Реализация выданных рекомендаций применительно ко всему объему металлургических газов, по локальной переработке маточных растворов и ряд мероприятий по модернизации оборудования позволили повысить степень извлечения рения в товарную продукцию до 62.9% (19% – в 1998 г.) [19].

Разработана, проверена в промышленном масштабе и принята к внедрению технология извлечения рения из шламов сернокислотного цеха с попутным получением трехосновного сульфата свинца, серебро- и осмийсодержащего концентрата (рис. 7) [20]. Разработана технология комплексной переработки товарных пылей с получением перрената аммония, соединений меди, цинка, свинца, металлического кадмия [21]. Вскрытие пылей и

получение трехосновного сульфата свинца осуществляется аналогично шламам, а из растворов получают соединения цветных металлов по самостоятельным технологиям.

Разработана и внедрена в производство сорбционная технология очистки перрената аммония от катионов металлов. Черновой NH_4ReO_4 растворяют в воде и пропускают через катионит КУ–2 с определенной скоростью, растворы нейтрализуют аммиаком и выпаривают в 3 – 4 раза, после охлаждения кристаллизуется соль высшей марки.

В настоящее время перренат аммония на этом заводе производит РГП «Жезказганредмет», созданное в 1995 г. согласно Постановлению правительства Республики Казахстан при заключении соглашения между Правительством и корпорацией «Самсунг» (ныне корпорация «Корпорация «Казахмыс») на право управления пакетом акций АО «Жезказганцветмет». РГП «Жезказганредмет» является единственным предприятием в Казахстане, производящим перренат аммония.

Помимо рения, в рудах Казахстана присутствует осмий в виде изотопа осмий–187. Ученые Института геологических наук Академии наук Казахской ССР разработали комплекс аналитических методик количественного определения осмия в рудах и технологических продуктах и изотопного анализа осмия в обогащенных пробах. Впервые в мировой практике были получены первые граммы изотопа осмий–187 из минерального сырья (свинцовых шламов сернокислотного производства БМЗ). Однако хотя руды Джезагана можно рассматривать как источник

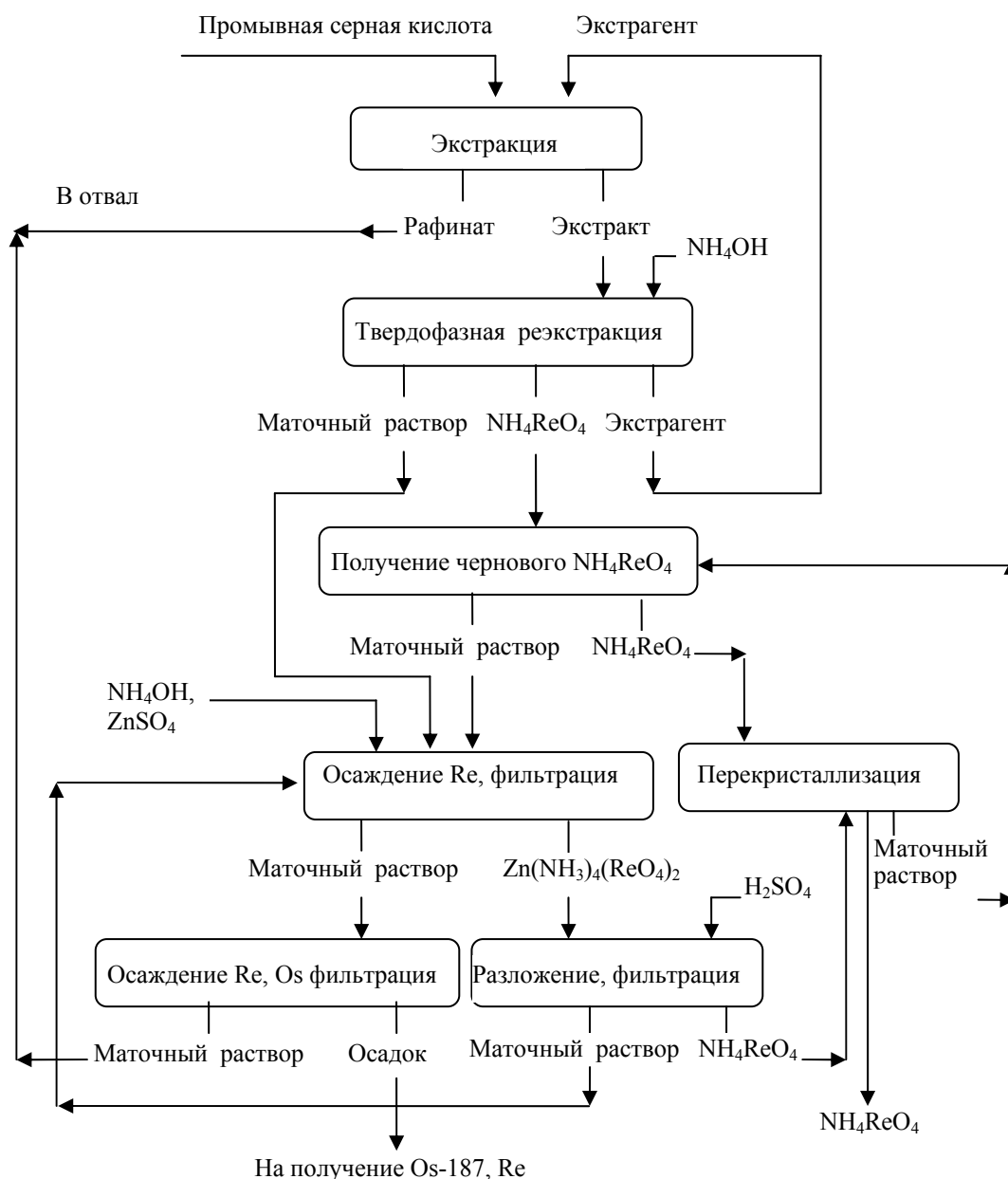


Рис. 6. Технология получения перрената аммония из маточных растворов операции твердофазной реэкстракции и получения черного перрената аммония из пульпы.

получения моноизотопа осмий-187, исследования носили эпизодический характер, должного внимания разработке технологий, позволяющих осуществить промышленное производство изотопа осмий-187, не уделялось. Систематические фундаментальные и прикладные исследования по химии и технологии природного изотопа осмий-187 проводятся в АО «ЦНЗМО» с 1974 г. по настоящее время под руководством д. т. н. Абишевой З.С. [22 – 24]. За это время осуществлен большой комплекс научно-исследовательских работ: изучено поведение осмия по всем переделам металлургического и сернокислотного цехов и редкометалльного производства; выявлены промпродукты его максимального концентрирования: рафинаты, маточные растворы, меж-

фазные взвеси экстракционной технологии и шламы сернокислотного производства. К наиболее перспективным продуктам – с точки зрения извлечения осмия – отнесены маточные растворы и межфазные взвеси. Выполнен большой объем исследований по формам нахождения осмия в промывной серной кислоте, маточных растворах, межфазных взвесях, позволивший выявить причины частичного перехода осмия в осадок, как и рения при промывке металлургических газов, низкого извлечения осмия на стадии экстракции рения.

С использованием результатов фундаментальных исследований разработаны и внедрены самостоятельные технологии извлечения осмия из маточных растворов и межфазных взвесей в виде различных по составу осадков.

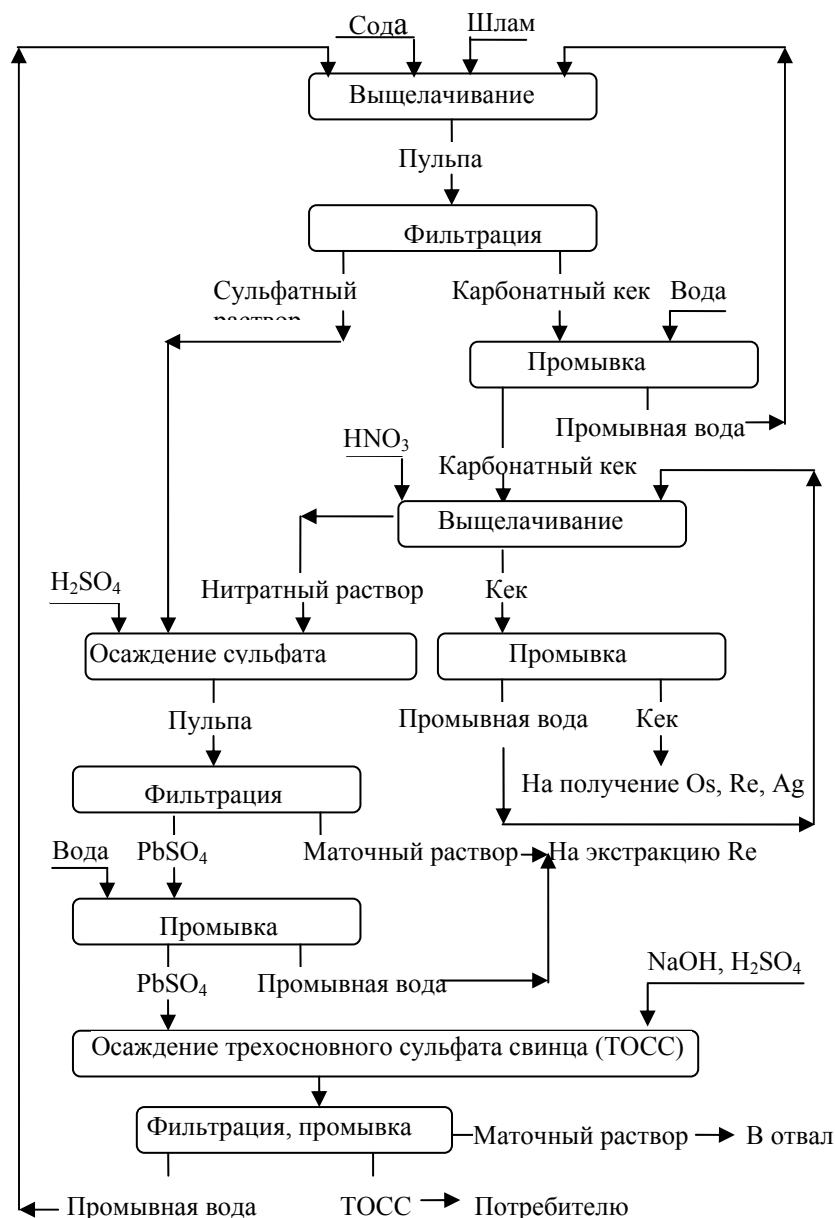


Рис. 7. Технология извлечения рения из шламов сернокислотного производства.

Осмий из маточных растворов после извлечения из них рения (остаточная концентрация 0.4 – 0.6 г/дм³) осаждают концентрированной серной кислотой. Совместно с осмием осаждаются и рений. Из межфазных взвесей, представляющих собой смесь триалкиламина и тонкодисперсного осадка, репульпацией выделяют осмий-, ренийсодержащий промпродукт. В обоих случаях осадки отфильтровывают, промывают водой, высушивают при 105⁰С до постоянной массы и далее перерабатывают по единой технологии с получением изотопа осмий-187 и NH₄ReO₄ (рис. 8).

В 1995 г. впервые в мировой практике организовано промышленное производство изотопа осмий-187 на РГП «Жезказганредмет» из маточных растворов, в 2011 г. из межфазных взвесей.

Извлечение рения на Чимкентском свинцовом заводе

В советские времена переработка свинец-содержащих пылей, образующихся на медных заводах, осуществлялась на свинцовых заводах. В частности, пыли БМЗ перерабатывали на Чимкентском заводе. Приемы, используемые в технологии свинца, способствовали вторичному концентрированию редких металлов в пылях агломерационного и плавильного переделов.

Из этих пылей на ЧЗЗ получали металлические индий, таллий, кадмий и сульфат цинка по технологии, разработанной и внедренной в производство коллективами институтов ВНИИЦВЕТМЕТ, ГИНЦВЕТМЕТ, АО «ЦНЗМО» и Института химических наук РК. Вскрытие пылей проводили сочетанием методов сульфатизирующего обжига и прямой гидрометаллургии.

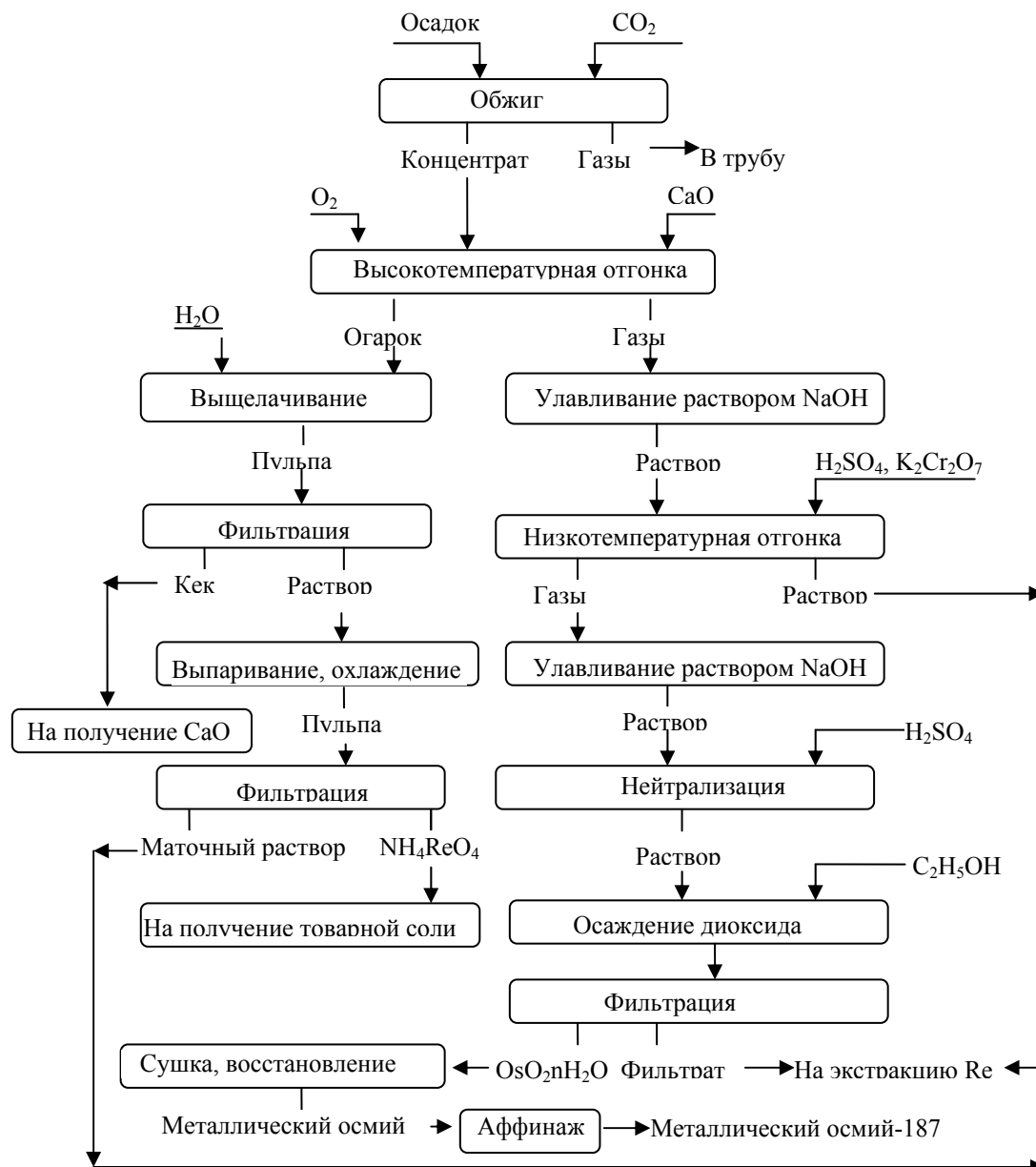


Рис. 8. Технологическая схема получения изотопа осмий-187 и перрената аммония из осадков, выделенных их маточных растворов и межфазных взвесей.

В 1970-1973 гг. по инициативе член-корр. АН КазССР Е.И. Пономаревой и д.т.н. А.Н. Загородней были начаты работы по рению на ЧСЗ. Коллективом сотрудников лаборатории проанализировано на рений сырье, входящее в состав шихты, изучено распределение рения по продуктам агломерационного, сернокислотного и редкометалльного цехов.

На рис. 9 показано распределение рения в процессе окислительного агломерирующего обжига свинцовой шихты, откуда видно, что 66.3% рения возгоняется, из них 57.8% переходит различные пыли, 8.1% – в растворы и шламы системы газоочистки, 0.39% – в вентиляционные газы, а 33.7% остается в годном и оборотном агломератах.



Рис. 9. Распределение рения по продуктам окислительного агломерирующего обжига свинцовой шихты, %.

При вскрытии пылей по существующей технологии в растворы переходило всего лишь 15% рения от содержания в пылях. Несмотря на низкое извлечение рения, именно растворы явились основным источником получения рения на ЧСЗ. Нужно отметить, что по своему составу растворы существенно отличались от растворов промывной серной кислоты медных заводов (табл.). Исследования, в том числе технологические, по сорбционному, экстракционному и осадительным методам извлечения рения из растворов от вскрытия пылей сульфатизацией и прямой гидрометаллургией позволили впервые в мировой практике в 1974 г. организовать производство перрената аммония из этих растворов по сорбционной технологии с применением анионита АН-21. Однако изменение состава пылей привело к увеличению содержания хлорид-ионов в растворах до 35 г/дм³, что практически полностью депрессировало сорбцию рения. По этой причине сорбционная технология была заменена на экстракционную. В качестве экстрагента использовали триалкиламин. В ходе проведения

работ по экстракции рения установлено, что совместно с рением экстрагируется цинк и кадмий в виде анионных хлоридных комплексов, которые при реэкстракции образуют малорастворимые комплексные соли рения состава $[M(NH_3)_4(ReO_4)_2]$. Найдены условия получения из них перрената аммония. Экстракционная технология также была внедрена в производство в 1984 г. и эксплуатировалась до 2010 г. Ученые нашего ИМиО совместно с сотрудниками экспериментального цеха ЧСЗ проводили исследования, направленные на повышение извлечения рения из пылей в раствор, результатом которых стала разработанная и внедренная технологическая схема прямой гидрометаллургии с использованием в качестве окислителя марганцевого концентрата (рис. 10) [25]. Степень извлечения рения по указанной схеме (рис.10) возросла до 91%, кадмия – до 85.2%, цинка – до 92.3%, таллия – до 91.8%. Металлы за исключением цинка извлекаются по прежним технологиям, цинк осаждают фосфорной кислотой с получением солей.

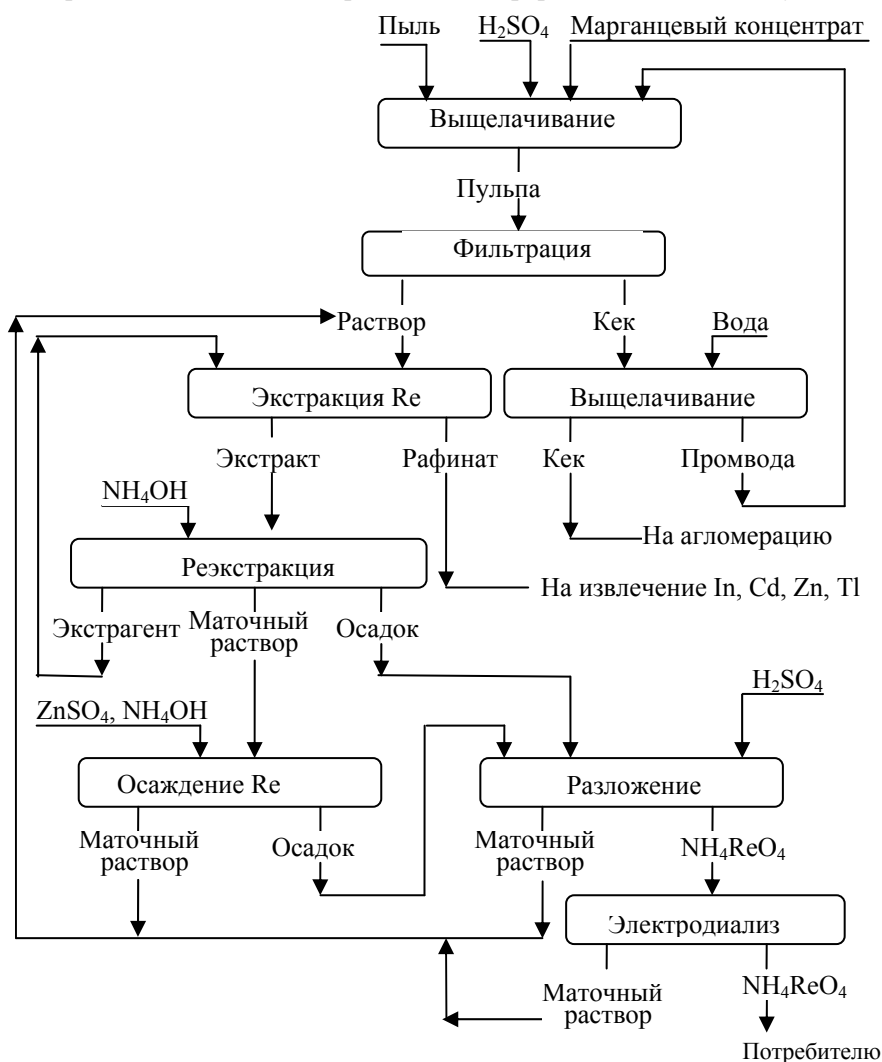


Рис. 10. Усовершенствованная технологическая схема извлечения рения из пылей свинцового завода.

Извлечение рения из растворов подземного выщелачивания урановых руд

Известно, что рений содержится и в полиэлементных урансодержащих рудах. Так, по подсчетам геологов, в отдельных урансодержащих месторождениях Казахстана содержится 100 т рения. Однако первые работы по

рению в урановой отрасли были проведены АО «ЦНЗМО» на одном из предприятий Узбекистана, руководство которого обратилось с просьбой заняться извлечением рения. Установлены продукты его максимального концентрирования и разработано семь вариантов технологий.

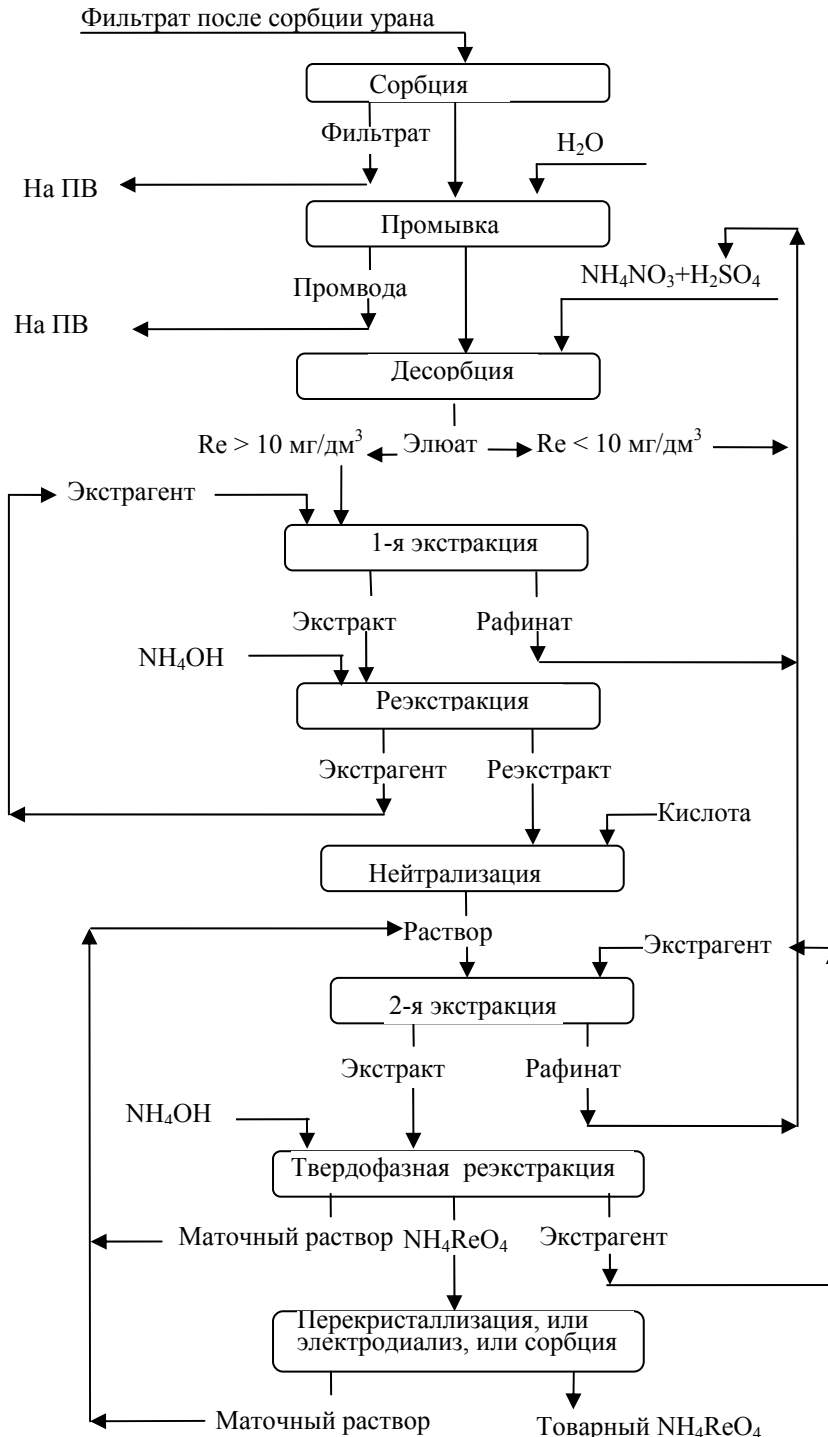


Рис. 11. Технологическая схема извлечения рения из растворов подземного выщелачивания урановых руд.

В результате проведенных нами исследований одна из предложенных технологий, основанная на применении реагентов и

оборудования основной технологии извлечения урана из растворов подземного выщелачивания (ПВ) урансодержащих руд в 1986 г. без

значительных капитальных затрат внедрена в производство и функционирует по настоящее время [26], Технология описана в книге [2]. К сожалению, из-за распада Союза связь с рудником прервана, хотя его сотрудники, насколько нам известно, вовлекли в сферу производства другой ренийсодержащий продукт – фильтраты сорбции урана. Таким образом, впервые в мировой практике по технологии АО «ЦНЗМО» осуществляется извлечение рения из растворов ПВ, в которых его содержание находится на уровне $0.25 - 0.35 \text{ мг/дм}^3$.

Положительная практика работы в Узбекистана способствует развитию исследований по извлечению рения из уран-содержащих растворов ПВ и в других странах, в том числе и в России. Появились публикации ученых США и Китая. Но эти публикации посвящены в основном производственным растворам. В АО «ЦНЗМО» продолжают исследования по сорбции рения ионо-обменными смолами из урансодержащих растворов в зависимости от природы и концентрации конкурирующих анионов, природы анионитов (основность, структура, содержание сшивающего агента, солевая форма анионитов) [27 – 29]. Установлено, что рений сорбируется предпочтительнее урана независимо от перечисленных факторов.

На одном из предприятий «Казатопроба» изучено распределение рения по технологии переработки растворов ПВ с получением желтого кека [30], выполнены работы по определению технологических параметров извлечения рения из фильтратов сорбции урана на анионите, который применяется на данном предприятии. Проведены полупромышленные испытания технологии извлечения рения из растворов подземного выщелачивания урано-

вых руд (рис. 11) [31], которые показали, что товарный NH_4ReO_4 по содержанию большинства примесей соответствует марке AP-1. Это гарантирует возможность дальнейшего получения соли высшего качества. Себестоимость 1 кг перрената аммония составила 325 долларов США при минимальной продажной цене на мировом рынке 2000 долларов США. Предложена также технология извлечения рения из фильтратов сорбции, отличная от разработанной ранее [23].

Разработанные и реализованные технологии защищены 70 авторскими свидетельствами СССР и патентами Казахстана, 10 из которых внедрены в производство. Важно подчеркнуть, что реализация в производство разработок по рению и осмью АО «ЦНЗМО» на заводах Казахстана и Узбекистана стала возможной благодаря активной поддержке производителей и их непосредственному участию.

Существенный вклад в создание технологий, в организацию производства рения и изотопа осмий-187 в Казахстане и развитие теории процессов, на которых базируются технологии, внесли ученые Института доктора технических наук О.А. Суворова, К.Б. Лебедев, Е.И. Пономарева, А.Н. Загородняя, З.С. Абишева.

За организацию производства рения в Казахстане О.А. Суворова удостоена звания лауреата Государственной премии, К.Б. Лебедев и Е.И. Пономарева – звания Лауреата премии Совета Министров СССР, З.С. Абишева, А.Н. Загородняя – премии имени К.И. Сатпаева, д.т.н. А.Н. Загородняя награждена серебряной медалью ВДНХ, З.С. Абишева – дипломом РАН и памятной медалью академика И.И. Черняева «За выдающийся вклад в развитие химии, анализа и технологии платиновых металлов».

ЛИТЕРАТУРА:

1. Калинин С.К., Файн Э.Е. Распространение рения в природных объектах. Алма-Ата: Наука, 1977. 109 с.
2. Лаверов Н.П., Абдульманов И.Г., Бровин К.Г. Подземное выщелачивание полиэлементных руд / Под ред. Н.П. Лаверова. М.: Академия горных наук, 1998. 446 с.
3. Сушко С.М., Берикболов Б.Р., Долгополов В.Ф., Желнов В.П. Урановые месторождения Казахстана, перспективы их промышленного освоения и поисков // Сб. докл. IV Междунар. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы урановой промышленности». Алматы, 19-21 сентября 2006г. С. 4–10.
4. Савченко Г.А. Распределение рения на эксплуатируемых месторождениях урана Чусарысуйского региона в связи с проблемой их комплексной отработки // Сб. докл. II Междунар. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы урановой промышленности». Алматы, 10-13 июля 2002г. С. 166–172.
5. Лебедев К.Б. Рений. М.: Научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1963. 208 с.
6. Лебедев К.Б., Казанцев Е.И., Розманов В.М., Пахолков В.С., Чemezov В.А. Иониты в цветной металлургии / под ред. К.Б. Лебедева. М.: Металлургия, 1975. 352 с.
7. Abisheva Z.S. Zagorodnyaya A.N. Hydrometallurgy in rare metal production technology in Kazakhstan // Hydrometallurgy. 2002. V. 63. № 1. P. 55–63.

8. Абишева З.С., Загородняя А.Н., Шарипова А.С., Садыканова С.Э., Сукуров Б.М. Качественный и вещественный составы осадков, содержащихся в растворах от промывки металлургических газов медного производства // Материалы II-ой Междунар. Казахстанско-Российской конф. по химии и химической технологии. Караганда, 28 февраля-02 марта 2012г. Т. 1. С. 30–33.
9. Загородняя А.Н., Абишева З.С., Садыканова С.Э., Шарипова А.С. Подготовка растворов от промывки металлургических газов медного производства для сорбционного извлечения из них рения // Материалы II-ой Междунар. Казахстанско-Российской конф. по химии и химической технологии. Караганда, 28 февраля-02 марта 2012г. Т. 1. С. 138–142.
10. Загородняя А.Н., Абишева З.С., Боброва В.В., Шарипова А.С., Садыканова С.Э. Слабоосновные аниониты АН-21, А170 для извлечения рения из различных сред // Комплексное использование минерального сырья. 2011. № 3. С. 22–30.
11. Абишева З.С., Загородняя А.Н., Бектурганов Н.С., Оспанов Е.А., Оспанов Н.А. Исследование сорбции рения из производственных растворов промывной серной кислоты Балхашского медеплавильного завода на анионите А170 // Цветные металлы. 2012. № 7. С. 57–61.
12. Лебедев К.Б. Рений. М.: Научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1960. 120 с.
13. Lebedev K.B. The chemistry of rhenium. London: Butterworths, 1962. 145 p.
14. Lebedev K.B. Rhenium (second printing). Washington: Joint publications research service, 1964. 245 p.
15. Виноградова М. А., Фоминых Е. Г. Гаврилова М. И. и др. Экстракционное извлечение рения из промывной кислоты, получаемой на базе металлургических газов медеплавильного производства // В кн. Экстракция и сорбция в металлургии молибдена, вольфрама и рения. М., 1971. С. 71–77.
16. Загородняя А.Н., Абишева З.С., Букуров Т.Н. Распределение рения и осмия по продуктам переработки сульфидного медного сырья // Цветные металлы. 1997. № 9. С. 47–50.
17. Загородняя А.Н., Абишева З.С., Пономарева Е.И., Тулекбаева А.К. Применение солей переходных металлов II группы в технологии получения перрената аммония // Цветная металлургия. 1998. № 11-12. С. 21–25.
18. Загородняя А.Н., Пономарева Е.И., Абишева З.С., Бекетаева Л.А. Взаимодействие в водных системах комплексных солей рениевой кислоты с переходными металлами II группы // Цветная металлургия. 1998. № 11-12. С. 26–28.
19. Абишева З. С., Загородняя А. Н., Букуров Т. Н. Повышение степени извлечения рения на Жезказганском медеплавильном заводе // Цветные металлы. 2003. № 6. С. 69–71.
20. Абишева З. С., Загородняя А. Н., Шарипова А. С., Букуров Т. Н., Абайдильдинов М. С. Комплексная переработка свинцовых шламов медного производства // Цветные металлы. 2002. № 3. С. 33–36.
21. Абишева З.С., Загородняя А.Н., Шарипова А.С., Букуров Т.Н. Гидрометаллургическая переработка пылей медного производства // Цветные металлы. 2004. № 1. С. 30–35.
22. Abisheva Z.S., Zagorodnyaya A.N., Bukurov T.N. Recovery of Radiogenic Osmium-187 from Sulfide Copper Ores in Kazakhstan // Platinum Metals Review. 2001.V. 45. № 3. P. 132–135.
23. Abisheva Z.S., Zagorodnyaya A.N., Bukurov T.N. The recovery of rhenium and radiogenic osmium from copper processing by-products // Proceedings of the Copper-Cobre 2003 5-th International Conference 2003. Santiago, Chile. V. VI. Book 2. P. 645–657.
24. Abisheva Z.S., Zagorodnyaya A.N., Bekturganov N.S. Recovery of osmium and rhenium from the copper ores of Kazakhstan Proceedings of the 6- th Copper-Cobre Conference. 2007, Toronto, Canada. V. IV. The John Dutrizac International Symposium on Copper Hydrometallurgy. Book 2. P. 205–218.
25. Тулекбаева А.К., Устимов А.М., Загородняя А.Н., Колосов Б.В. Гидрометаллургическая переработка пылей свинцового производства совместно с марганцевой рудой // Цветные металлы. 1994. № 5. С. 19–22.
26. Загородняя А.Н., Абишева З.С., Пономарева Е.И., Боброва В.В. Комбинированная сорбционно-экстракционно-электродиализная технология получения перрената аммония из урансодержащих растворов // Цветные металлы. 2010. № 8. С. 59–62.
27. Izatt N.E., Bruening R.L., Izatt S.R., Dale J.B. Potential application of molecular recognition technology (mrt) for extraction and recovery of rhenium and molybdenum from uranium liquors // Proceedings of the 3rd International Conference on Uranium. Uranium 2010 “The future is U”. 40th Annual Hydrometallurgy Meeting, Saskatoon, Saskatchewan, Canada. 2010. V. 1. P. 519–529.
28. Загородняя А.Н., Абишева З.С., Садыканова С.Э., Боброва В.В., Шарипова А.С., Аманжолова Л.У. Влияние природы анионитов и их солевой формы на сорбцию рения и урана из растворов их совместного присутствия /Комплексное использование минерального сырья. 2011. № 4. С. 23–33.

29. Абишева З.С., Загородняя А. Н., Садыканова С. Э., Боброва В.В., Шарипова А.С. Влияние содержания ДВБ в анионите АН-21 и крупности его зерен на сорбцию рения и урана из индивидуальных растворов и растворов их совместного присутствия // Комплексное использование минерального сырья. 2011. № 4. С. 16–23.

30. Zagorodnyaya A.N., Abisheva Z.S., Sharipova A.S., Sadykanova S.E., Bochevskaya Ye.G., Atanova O.V. Sorption of rhenium and uranium by strong base anion exchange resin from solutions with different anion compositions // Hydrometallurgy. 2013. V. 131-132. P. 127–132.

1. Загородняя А.Н., Абишева З.С., Боброва В.В., Шарипова А.С., Садыканова С.Э., Бочевская Е.Г. Поведение рения в технологии получения химического концентрата природного урана из растворов подземного выщелачивания урансодержащих руд Казахстана // Материалы Междунар. научной конф. «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030». Караганда. 2010г. Часть III. С. 55–57.

2. Загородняя А.Н., Абишева З.С., Шарипова А.С., Боброва В.В., Садыканова С.Э., Бочевская Е.Г., Таныбаева Б.А. Сорбционно-экстракционная технология получения перрената аммония из фильтратов сорбции урана // Сб. докл. VI Междунар. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы урановой промышленности». Алматы. 14-16 сентября 2010г. С. 452–456.

CONTRIBUTION OF THE INSTITUTE OF METALLURGY AND ORE BENEFICIATION IN ORGANIZATION OF PRODUCTION OF RHENIUM AND OSMIUM-187 ISOTOPE IN KAZAKHSTAN

Z.S. Abisheva[@], A.N. Zagorodnyaya

Joint-stock company «Center of Earth Sciences, Metallurgy and Ore Beneficiation», Almaty, 050010 Republic of Kazakhstan

[@]Corresponding author e-mail: abisheva_z@mail.ru

In the territory of Kazakhstan there are unique deposits, in which, along with non-ferrous metals, there are also other very valuable metals such as rhenium and isotope osmium-187. Kazakhstan is one of the leaders in the world in the production of ammonium perrhenate. This article is dedicated to the evolution in the organization of the production of rhenium compounds from various technogenic products resulting during processing of sub-standard molybdenum, copper, and lead concentrates and solutions of underground leaching of uranium ores for the production of the target metals. The first production of rhenium salts was organized in 1946 from dust resulting after oxidative roasting of sub-standard molybdenite concentrate. Later washing sulfuric acid of copper production and solutions from leaching of dusts of lead dust production were involved into the production of ammonium perrhenate.

Data on the distribution of rhenium in these industries are given with the determination of rhenium in the gas phase by the technique developed by researchers of "Center of the Earth Sciences, Metallurgy and Ore Beneficiation" ("CESMOB"). The flow sheets of implemented and adopted to implementation technologies of rhenium recovery from solid and liquid products elaborated by "CESMOB" are given in the article. Basic processes for the recovery of rhenium from the initial solutions are sorption and solvent extraction. For the recovery of rhenium from mother liquors obtained in the sorption and extraction technologies precipitation of rhenium in the form of complex salt $[Zn(NH_3)_4](ReO_4)_2$ was used.

Key words: rhenium, osmium-187, molybdenum production, lead production, copper production, uranium production, technology.