

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

ОШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ЮЖНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ К 01.17.554

На правах рукописи

УДК 669.002.68+016.628.4

Ысманов Эшкозу Мойдунович

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ
КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ
КАДАМЖАЙСКОГО СУРЬМЯНОГО КОМБИНАТА**

Специальность: 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Ош - 2017

Диссертационная работа выполнена в лаборатории «Перспективные технологии и материалы» в Институте природных ресурсов им. А.С. Джаманбаева ЮО НАН КР.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук,
профессор **Ташполотов Ысламидин**

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук, доктор
технических наук, профессор
Макаров Владимир Петрович

кандидат технических наук, доцент
Сопубеков Нематилла Абдиллахатович

Ведущая организация: **Кыргызский государственный университет
строительства, транспорта и архитектуры
имени Н.Исанова. 720020, Кыргызская
Республика, г.Бишкек, ул. Малдыбаева, 34б.**

Защита диссертации состоится « 24 » ноября 2017 года в «14.00» часов на заседании Диссертационного совета К 01.17.554 по присуждению ученых степеней кандидата наук при Ошском государственном университете, Институте природных ресурсов Южного отделения НАН Кыргызской Республики и Жалал-Абадском государственном университете по адресу: 723500, Кыргызская Республика, г. Ош, ул. Ленина 331.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной библиотеке Ошского государственного университета по адресу: 723500, Кыргызская Республика, г.Ош, ул.Ленина 333.

Автореферат разослан « 18 » октября 2017 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
к.ф-м.н., доцент:



Бекешов Т.О.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Актуальность темы диссертации. В настоящее время экологические проблемы, связанные с образованием, хранением, использованием и утилизацией техногенных отходов являются одними из основных проблем в природоохранной деятельности в силу своего комплексного характера. С одной стороны, эти проблемы присущи практически всем сферам деятельности человечества, а с другой, они оказывают воздействие на все сферы окружающей среды – почву, атмосферу, водные ресурсы и в целом на всю природу и жизнь общества.

Исследованием переработки сурьмяного штейна занимались А.А. Разловский, Л.И. Гамалий, З.С. Гороя, и др. с целью выщелачивания штейна с добавлением сульфитно-щелочного раствора и элементарной серы в лабораторных условиях до электролиза, а М.Б. Баткибекова, Т.Ш. Джунушалиева исследовали способы получения сурьмы из отходов сурьмяного производства с использованием электродугового метода.

А технологиями переработки сурьмяных кеков занимались С.А. Баев и другие. Они для растворения ионов сурьмы использовали азотнокислый раствор. Данную технологию не возможно использовать для переработки отходов КСК по получению металлической сурьмы. Так как отходы КСК выщелачиваются в сульфитно-щелочных растворах.

Наряду с хвостохранилищами в южном регионе КР накоплено огромное количество отвалов механически раздробленных горных пород и некондиционных руд, в разной степени подверженных перемещению ветром, водой и гравитационными силами. В этих отвалах захоронены такие загрязняющие вещества как ртуть, сурьма, флюорит, свинец, мышьяк, цианиды, соли тяжелых металлов. Многие отвалы не рекультивированы.

Поэтому обогащение техногенных отходов и их комплексная переработка является ***актуальной задачей.***

Целью работы является исследование и разработка технологии комплексной переработки техногенных отходов Кадамжайского сурьмяного комбината.

Для достижения основной цели в работе поставлены следующие задачи:

- Разработка технологии комплексной переработки техногенных отходов КСК с использованием гравитационного обогащения, электролиза и рафинирования;
 - Создание технологии получения ферросилиция на основе тяжелых фракций техногенных отходов КСК;
 - Промышленное испытание и внедрение разработанной технологии комплексной переработки техногенных отходов КСК в производство.
- Эти задачи решены в последующих разделах работы.

Научная новизна работы

В результате выполнения данной диссертационной работы впервые:

- Изучены сурьмяные отходы обогащения как нетрадиционного сырья для извлечения установленных тяжелых и цветных металлов;
- Экспериментально установлена высокая концентрация сурьмы в отходах Кадамжайского сурьмяного комбината (КСК);
- Разработана технология гравитационного обогащения сурьмяных отходов и технологии их переработки;
- Определены тяжелые фракции сурьмяных отходов и получены сплавы ферросилиция электродуговым способом;
- Получен катодный металл сурьмы из промышленных отходов КСК методом электролиза с дальнейшим рафинированием металлической сурьмы;
- Показана экономическая эффективность металлической сурьмы полученные из техногенных отходов КСК.

Новизна полученных результатов подтверждена авторским свидетельством.

Основные положения, выносимые на защиту:

- Теоретические обоснования технологии переработки техногенных отходов КСК;
- Результаты экспериментальных исследований и технологии извлечения сурьмы из отходов (штейна и шлака) КСК на основе рафинирования;
- Технологии получения ферросилиция из отходов КСК и его экспериментальные результаты;
- Техничко-экономическое обоснование получения металлической сурьмы из техногенных отходов КСК.

Практическая значимость полученных результатов:

- разработанная технология комплексной переработки техногенных отходов КСК позволяет, получить сурьмы и ферросилиция;
- низкая себестоимость разработанной технологии делает реализуемой в нынешних условиях в КСК и позволяют улучшить экологическое состояние комбината;
- результаты исследований внедрены в Кадамжайский сурьмяной комбинат.

Личное участие автора в получении научных результатов. На протяжении ряда лет автор является непосредственным исполнителем работ по исследованию и разработке технологии комплексной переработки техногенных

отходов КСК, выполненных в Институте природных ресурсов ЮО НАН Кыргызской Республики, по хозяйственным темам, результаты которых представлены в данной диссертации.

Непосредственно автором созданы основные элементы экспериментальной установки и на их основе исследованы их физико-химические, эксплуатационные характеристики техногенных отходов.

Апробация работы. Основные положения диссертации, а также ее отдельные части докладывались на 2-научно-практической конференции «Проблемы образования и науки», посвященной 10-летию Кыргызской Республики и 5-летию образования Нарынского государственного университета (Нарын, 11-12 мая 2001г), на Республиканской научно-практической конференции «Проблемы обеспечения продовольственной безопасности Кыргызской Республики» Кыргызско-Узбекского университета (Ош, 27-июня 2012), на международной научной конференции «Актуальные вопросы образования, науки, культуры и роль Ошского государственного университета в устойчивом развитии и расширении международной интеграции в образовательное пространство», посвященный к 75-летию ОшГУ (Ош, 23-24-октября 2014г), на научно-технических семинарах Института природных ресурсов им. А.С.Джаманбаева ЮО НАН КР и на научных семинарах лаборатории «Перспективные технологии и материалы» ИПР и т.д.

Работа в полном объеме доложено на семинаре лаборатории «Перспективные технологии и материалы» Института природных ресурсов Южного отделения Национальной академии наук Кыргызской Республики (ИПР ЮО НАН КР), на Ученом совете Института природных ресурсов ЮО НАН КР, на научно-техническом совете Ошского государственного университета, Ошского технологического университета.

Публикации: Основные положения диссертации опубликованы в 7 работах, в том числе 5 статьях в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК, 2 статьи в зарубежном научно-техническом журнале, входящего в РИНЦ, а также получено 1 авторское свидетельство КР.

Личный вклад автора в совместных работах:

В работах [1], [5], [7], [8] идея постановки задач принадлежит научному руководителю, а идея на создании и сборки установок, проведение экспериментов, получение а также обработка их результатов принадлежит Э.М. Ысманову.

В работах [1],[8] по определению размеров лопастей сепаратора, в [4] поддержание постоянного тока в процессе электролиза, в [5] по поддержанию температурного режима огневого рафинирования сурьмы, в [7] по обеспечению герметичности наблюдательной окошки на дне реактора принадлежат У.К. Абдалиеву.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 3 глав, выводов и заключений, списка использованных источников и приложения. Содержит 119 страниц, включая 10 рисунков, 25 таблиц и библиографию из 111 наименований.

В приложении приведены акты о внедрении и использовании результатов диссертационной работы.

Краткое содержание работы

В первой главе приводится обзор техногенных отходов в Кыргызской республике и современное состояние их переработки, а также известные результаты других авторов, связанных с тематикой диссертации, а также обзор рассмотренных задач и полученных результатов в данной диссертации.

Во второй главе рассмотрены исследование и разработка технологии извлечения сурьмы из отходов (штейна и шлака) КСК на основе рафинирования.

В настоящее время на территории Кадамжайского сурьмяного комбината (КСК) имеются сотни миллионов тонн промышленных отходов.

Новые способы переработки штейна и шлака, предложенные в последние годы, не вышли из стадии лабораторных исследований.

Как известно, в результате осадительной плавки получают черновую сурьму, штейн, шлак и газ. Штейн и шлак, образованные в процессах осадительной плавки который обычно содержат различные химические соединения (таблица 1):

Таблица 1. – Химический состав промышленных отходов Кадамжайского сурьмяного комбината(КСК), Кыргызстан

№ п/п	Наименование пром. отходов	Химическое соединение	Химический состав, в %	Сурьма, в %
1	Штейн отвальный	FeO Na ₂ O S SiO ₂ As	34-40 8-15 25-35 30-40 0,75-3	3-6
2	Шлак отвальный	SiO ₂ S FeO Na ₂ O Al ₂ O ₃ CaO MgO As	35-60 2-4 25-35 12-17 6-10 8-15 1-3 0,75	0,45-1

Для обогащения сурьмяных отходов при разделении химических элементов использовали гравитационный метод. Для хорошего разделения шлака и штейна удельный вес шлака должна быть ниже удельного веса штейна не менее чем на единицу. Крупность измельчения штейна и шлака составляли 1-2 мм.

Для проведения экспериментов по гравитационному обогащению, с использованием аппарата взяли 1кг сурьмяных отходов КСК. Легкие и тяжелые

фракции, имеющиеся в сурьмяных отходах классифицировались на следующие фракции в зависимости от молекулярной массы веществ, табл. 2.

Таблица 2 - Состав легких и тяжелых фракций разделенные при гравитационном обогащении

№ п/п	Сурьмяные отходы	Легкие фракции	Тяжелые фракции
1.	штейн	S, Na ₂ O, Sb, As, CaO, MgO	FeO, As ₂ O ₃ , As, SiO ₂ , Sb, Fe, FeSi
2.	шлак	Na ₂ O, CaO, MgO, Sb, S	FeO, Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , Fe, FeSi

В технологическом процессе от гравитации до выщелачивания проводился химический анализ на содержание сурьмы, мышьяка и железа с применением метода определения сурьмы и мышьяка СТП 001947760-002-13, «Определение железа в сурьме» С.М.Мельников «Сурьма» (стр.499) утвержденную ОАО КСК.

1. Метод определения сурьмы в штейне СТП001947760-002-13. перманганатометрическим титрованием и вычисление результатов измерений:

$$X = \frac{(V_1 - V_2) \cdot T \cdot 100}{m};$$

где V₁- объем раствора перманганата калия, израсходованного на титрование анализируемого раствора, см³;

V₂- титр раствора перманганата калия, израсходованного на титрование контрольного опыта, см³;

T- титр раствора перманганата калия с молярной концентрацией эквивалента 0,1 моль./дм³, выраженных в граммах сурьмы.

m- масса навески сурьмяного концентрата, г.

$$V_1 = 3,3 \text{ см}^3$$

$$V_2 = 3,4 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{cp}} = 3,55 \text{ см}^3$$

$$X_1 = \frac{0,005305 \cdot 3,3 \cdot 100}{0,5} = 3,50\% ;$$

$$X_2 = \frac{0,005305 \cdot 3,4 \cdot 100}{0,5} = 3,60\% ;$$

Здесь чистая сурьма вместе с мышьяком: (3,50+3,60)/2=3,55%.

После снятия мышьяка, чистая сурьма: 3,55-0,21=3,34%.

2. Метод определения мышьяка в штейне СТП001947760-002-13 фотоколориметрическим методом.

Содержание мышьяка определяется после того, как измерить оптическую плотность на электрофотокалориметре КФК-2, L-413нм, чувствительность-2, толщина кювета-30 мм.

Расчет содержания мышьяка в концентратах по концентрации его в растворе, определенной по градуировочному графику.

Концентрация мышьяка (X) в сурьмяных концентратах в % вычисляет по формуле:

$$X = \frac{T_{As} \cdot V \cdot 100}{m} \cdot \frac{V_1}{V_2};$$

где T- титр As, г/л; V- объем головного стандарта, взятого для приготовления рабочего стандарта; m- масса навески, грамм; V₁- объем пробы, мл; V₂- объем рабочего стандарта.

$$X_1 = \frac{0,0001 \cdot 1,3 \cdot 50 \cdot 100}{0,1 \cdot 5} = 1,3\%$$

$$X_2 = \frac{0,0001 \cdot 1,4 \cdot 50 \cdot 100}{0,1 \cdot 5} = 1,4\%$$

$$X_{cp} = 1,35\%$$

3. Метод определения железа в штейне калориметрическим экспресс-анализом. Процентное содержание железа рассчитывают по формуле:

$$\% Fe = \frac{C \cdot V_{ст. Fe} \cdot 100}{m};$$

где C – содержание рабочего стандартного раствора железа- 0,00005г/мл;
V_{ст. Fe} - количество рабочего стандартного раствора, пошедшего на уравнение окраски, мл;
M- навеска металла.

$$\% Fe_1 = \frac{0,00005 \cdot 100 \cdot 50 \cdot 0,7}{0,1 \cdot 0,1} = 17,5\% ;$$

$$\% Fe_2 = \frac{0,00005 \cdot 100 \cdot 50 \cdot 0,72}{0,1 \cdot 0,1} = 18\% ;$$

Общий объем раствора 500,0 мл. Из него взяли для анализа 250,0 мл раствора. В этом растворе содержится 17,3% сурьмы, а в 500,0 мл раствора - 34,6% сурьмы.

Определение содержания сурьмы, мышьяка и железа в кеке после промывки и фильтрации вакуумным насосом (после выщелачивания):

% Sb ₁ =0,55	% As ₁ =0,01	% Fe ₁ =8,6
% Sb ₂ =0,6	% As ₂ =0,60	% Fe ₂ = 8,7
X _{cp} = 0,575	X _{cp} = 0,605	X _{cp} =8,65

Перед сепарацией исследуемой пробы материал просеивали через вибросито размером 1-2 мм. Наиболее простым методом является ситовой анализ. Он основан на механическом разделении частиц по крупности.

Материал загружается на вибросито с ячейками известного размера и путем встряхивания, постукивания, вибрации или другими способами разделяется на остаток и отход.

Изготовлен специальный гравитационный сепаратор высотой 12 см, d – 10 см для разделения «легких» и «твердых» фракций. Этот сепаратор имеет больше преимуществ, чем первый гравитационный сепаратор, рис. 1.

Для обогащения взяли 1кг сурьмяных отходов и в процессе гравитации сурьмяные отходы классифицируются на легкие и тяжелые фракции, разделение фракции зависит от молекулярной массы веществ.

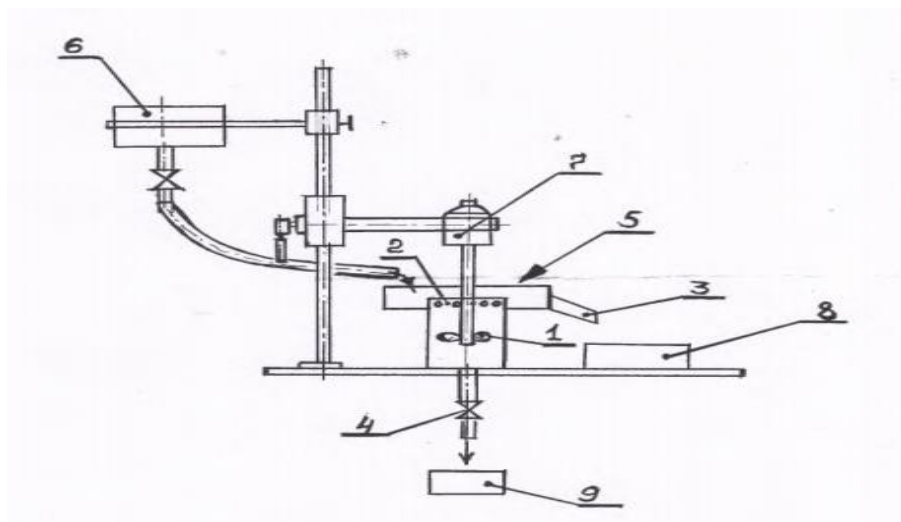


Рис.- 1. Гравитационный сепаратор: 1-электромеханическая мешалка, 2-отверстия для «легкой» фракции, 3-сливной шнек для «легкой» фракции с уклоном 25° градусов, 4-сливной кран для «тяжелой» фракции и магнитная система, 5-загрузка отходов, 6-емкость для подачи воды, 7- электродвигатель, 8-9 емкости для поступления «легких» и «тяжелых» фракций.

В гравитационном аппарате (рис.1) в самой нижней части аппарата нами было закреплено магнитная система, для задержания металлического железа. В гравиметрическим методом из 1кг сурьмяного отхода, было получено 0,07-0,08кг металлической железы и кроме этого в нижней части аппарата собрано тяжелое порошкообразное вещество (Таблица 3).

Таблица 3 – Разделение фракции по процентам

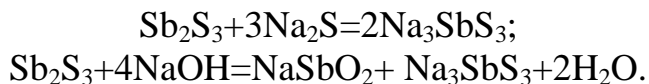
№ п/п	Наименование классификации	Сурьмяные отходы			
		штейн		шлак	
		в, граммах	в, %	в, граммах	в, %
1.	Легкая фракция	562,2	56,3	610,4	61
2.	Тяжелая фракция	437,8	43,7	389,6	39

Наряду с гравитационным методом при обогащении сурьмяных отходов применяются метод осадка и концентрация на столах. Возможно также применение обогащения в тяжелых средах, при котором разделения шлама и штейна по весу производится в среде, удельный вес которого выше удельного веса веществ, но ниже удельного веса полезного вещества. В качестве тяжелой среды было использована смесь порошка ферросилиция с водой.

Для растворения металлической сурьмы из «легкой» фракции отходов взяли 100 грамм штейна и добавили 1/10 раствор концентрированной серной кислоты и кашицеобразную массу нагрели при температуре 470°C в течение 1,0 часа до улетучивания сернистого ангидрида, и нейтрализовали 1/10 раствором едкого натрия. После этого провели выщелачивания раствора с применением

25г NaOH, 150 г Na₂S·10 H₂O, 200 мл воды при 95⁰С температурном режиме в течение 30 минут.

В дальнейшем в качестве растворителя сурьмы могут быть использованы растворы сульфидов щелочных и щелочно-земельных металлов, а также растворы едкого натрия. При растворении трехсернистой сурьмы протекают следующие реакции:



В промышленности растворы едкого и сернистого натрия нашли применение в качестве растворителя.

1. Выщелачивание сурьмы

Известно, что выщелачивание это процесс растворение в жидком растворителе одного или нескольких составляющих твердого материала. А в производстве сурьмы под выщелачиванием подразумевается совокупность следующих операций (Рис.2):

1. Растворение минералов в качестве растворителя. Применяется слабый раствор сернистого натрия (Na₂S) и едкого натрия (NaOH). При одновременном присутствии в растворе двух растворителей - сернистого натрия и едкого натрия соединения сурьмы растворяются сначала сернистым натрием и только при отсутствии избытка его в растворение начинает участвовать и едкий натрий.
2. Важную роль в процессе выщелачивания играют температурные условия реакции растворения всех форм сурьмы в сернистом натрие идет значительно быстрее с повышением температуры: для растворения окисленных форм температуры пульпы должна быть не ниже 95 ⁰С более 1,5 часа.
3. Продолжительность выщелачивание зависит от размеров и пористости частиц сырья. Установлено, что для сурьмы содержащего штейна крупностью 5мм время выщелачивания составляет 0,5 часов.
4. Для выщелачивания сурьмяных отходов используются различные концентрации растворов, например, если в одном литре 4 г/л Sb, то применяются 17 г/л сернистого натрия и 6,5 г/л едкого натрия.
5. Для ускорения растворения сурьмы в пульпе (смесь твердого выщелачиваемого материала с раствором), перемешивают смесь мешалками в реакторе для выщелачивания.

2. Отстаивание и сгущение пульпы

Пульпа после выщелачивания представляет собой смесь растворов солей сурьмы и твердого остатка не растворившейся части сырья.

Сгущение проводить в чанах большой емкости, так называемых сгустителях, в которых твердые частицы оседают под действием силы тяжести. В верхней части сгустителя образуется слой чистого раствора, который сливаются через край сгустителя в приемник. Частицы твердых веществ оседают на дно, сгущенный продукт тем или иным способом удаляют сгустителя. Качество сгущения характеризуется величиной “отстоя”.

На скорость осветления и сгущения влияет температура пульпы. С повышением температуры уменьшается вязкость раствора (жидкой фазы), отчего повышается скорость осаждения.

Удовлетворительные показатели отстоя наблюдаются при температуре пульпы 70-80⁰С. Скорость осаждение зависит от плотности пульпы отстаивается быстрее, чем плотные. На сгуститель дополнительно нами было креплено цинковый лист для осаждения Fe⁺² железо, этот процесс экономит химический реактив SnCl₂.

О процессе отстаивание пульпы судят по скорости отстаивания, измеряемой в сантиметрах высоты осветленной части пульпы в стеклянном цилиндре за определенной промежутков времени, обычно за 30 мин.

3. Фильтрация электролита

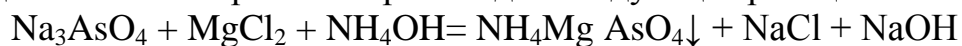
Получающиеся при отстаивание в сгустителях богатый сурьмой раствор содержит твердые частицы в виде мути и взвеси в количестве более 1г / л раствора. Присутствие взвесей в растворе не допустимо, т.к. ведет к нарушению процесса электролиза.

Фильтрация растворов, содержащих взвеси, затруднительно, так как обычно взвесь проходит через ткань. Поэтому часто перед фильтрацией на фильтр ткань накладывает постель, т.е. слой крупных частиц материала и сгущенной пульпы фильтруют через такой «фильтр». При этом, температура раствора перед фильтрацией поддерживается не ниже 60⁰С. Полученный хорошо осветленный раствор является прозрачной и имеет соломенный цвет.

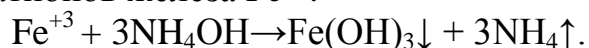
Для Кадамжайского сурьмяного комбината наиважнейшей задачей получения металлической сурьмы является *очистка и осаждения мышьяка и железа из электролита*, поскольку они мешают получению катодного металла в процессе электролиза.

Для решения данной проблемы, нами разработана схема технологической очистки и осаждение мышьяка и железа из промышленного отхода (штейна и шлака) химическим методом. В результате проведенных опытных исследований установлены:

1. Для извлечения и осаждения ионов мышьяка и железа использовали 16,5% раствор магниальной смеси (MgCl₂ + NH₄Cl + NH₄OH), в избытке гидроксида аммония и при этом происходит следующая реакция:

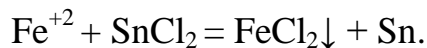


Магниальная смесь дает с арсенат – ионами белый кристаллический осадок арсената магния, аммония. А также в процессе реакции гидроксида аммония осаждают катионов железа Fe⁺³:



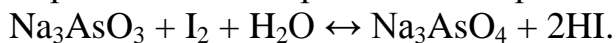
Гидроксид аммония осаждают Fe⁺³ железа - темно бурого осадка гидроксида железа III.

2. Для осаждения двух валентных ионов железа Fe⁺² применяли 10% раствор хлорид олова:



10% раствор хлорид олова осаждает Fe^{+2} железа коричневым осадком хлорида железа (II).

3. После очистки мышьяка и железа, проводили контрольный анализ на ионы мышьяка и железа в электролите: определение содержания мышьяка (III) в растворе арсенита, с прямым йодометрическим титрованием:



Восстановительная эквивалентная масса арсенита равно $1/2$ молярной массы, а эквивалентная масса мышьяка $74,91:2=37,46$ г/моль.

Если на титрование 10мл 0,04696 Н раствора йода пошла в среднем 24,06 мл раствора арсенита натрия, то:

$$N_{\text{Na}_3\text{AsO}_3} = \frac{10 \cdot 0,04696}{24,06} = 0,01857$$

Тогда масса мышьяка в 0,1л раствора $m_{\text{As}} = 0,01857 \cdot 37,46 \cdot 0,1 = 0,0695\text{г}$. Для определения содержания железа Fe^{+2} и Fe^{+3} в электролите, сначала проводится качественная реакция на железо Fe^{+2} и Fe^{+3} .

1. $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{Fe}(\text{OH})_2 \rightarrow$ отрицательно

Гексацианоферат (III) калий (красно кровенный соль)

В этой качественной реакции, если Fe^{+2} содержится в электролите, должно было давать темно синюю реакцию тунбулевым синим $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$.

2. $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow$ отрицательно

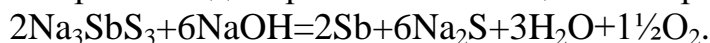
Гексацианоферат (II) калий

(желто кровенный соль)

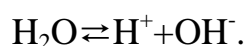
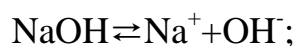
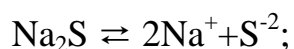
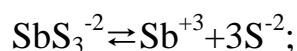
В этой качественной реакции, если содержится Fe^{+3} в электролите, должно было давать зеленый цвет реакция берлинская лазурь $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$.

Качественная реакция на ионы Fe^{+3} с применением раствора роданида калия (KSCN) тоже дает отрицательную реакцию.

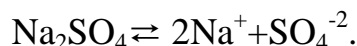
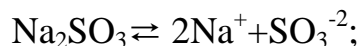
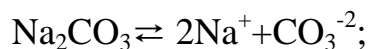
После очистки и осаждения мышьяка и железо с химическим методом, в лабораторных условиях электролит приготовлен с расчетом получения в нем примерно следующих количеств основных составных частей: сурьмы-30 г/л; сернистого натрия 25-30 г/л; едкого натрия 25-30 г/л. Электролиз происходит непрерывно в электролизной ванне с одного конца подается электролит, сурьма выделяется на катоде ванны, при этом электролит объединяется сурьмой и едким натрием и одновременно обогащается сернистым натрием:



При электролитическом осаждении сурьмы составные части электролита диссоциируют следующим образом:

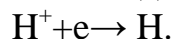


Образующиеся в процессе электролиза так называемые «балластные» соли также в растворе диссоциируют на катионы и анионы:

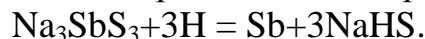


В катодном процессе разряд ионов сурьмы с образованием металлической сурьмы, осаждаются на катоде: $\text{Sb}^{+3} + 3\text{e} \rightarrow 3\text{Sb}$.

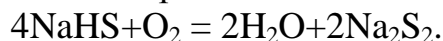
Также и разряд ионов водорода с выделением газообразного водорода:



Выделившийся на катоде атомарный водород восстанавливает сурьму и в растворе сульфосоли с образованием гидросернистого натрия по реакции:



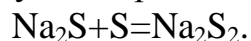
Гидросернистого натрия взаимодействует с атомарным кислородом по реакции:



В анодном процессе при электролитическом выделении сурьмы из сульфосоли в растворе едкого и сернистого натрия на аноде основными являются два электрохимические процессы: разряд ионов гидроксила с образованием воды и кислорода: $2\text{OH}^- + 2\text{e} = \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2}\text{O}_2$.

Разряд ионов серы с образованием элементарной серы: $\text{S}^{-2} - 2\text{e} = \text{S}$.

Последняя образует с сернистым натрием полисульфид натрия:

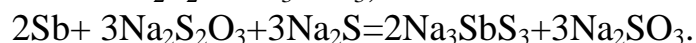
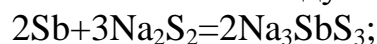


Кроме этого, у аноде происходит окисления атомарным кислородом полисульфиды натрия до тиосульфата: $\text{Na}_2\text{S}_2 + 3\text{O} = \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Разряд аниона не является вредным собственно для процесса, так как при этом образуется вода и кислород, не оказывающие вредного влияние.

Явление разряды серы с образованием в растворе полисульфида натрия вредны. Помимо затрат электроэнергии, полисульфид, как и тиосульфат натрия, растворяет сурьму, выделившуюся на катоде, и переводит ее в раствор.

Протекают эти явления по следующим реакциям:



Поэтому при проведении электролиза необходимо стремиться максимально снизить образование полисульфида натрия.

В качестве средств борьбы с вредным влиянием полисульфида и тиосульфата натрия на ход электролиза возможно проведение процесса с так называемыми диафрагмами. Практически осуществление диафрагменного процесса электролиза вызывает ряд затруднений, которые осложняют работу. Для выщелачивания из отходов КСК брали по 1000 грамм из штейна и 1000 грамм шлака.

В лабораторных условиях электролизные ванны подготовили следующим размером 22,5x16x13 см листа. Объем для электролита 3,0 литр. Размер

катодного листа до боков ванны 2-3 см и до дна ванны не менее 3-4 см. Разноименные электроды в ванны устанавливается на расстоянии 4-5 см.

Катодная часть представляют из стали 10,5x10,5 см.

Анодная часть спаренного электрода представляет собой пять шесть прудков из полосового железа 12,5x 2 мм.

В лабораторных условиях процессе электролиза получены следующие данные (Таблица 4).

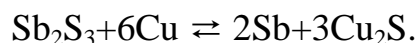
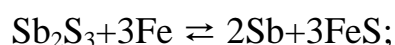
Таблица 4 – Результаты сбивание катодного осадка.

№	Наименование пробы	Объем электролита, литр	Полученный катодный металл сурьмы, грамм
1	Штейн	3	20
2	Шлак	3	5

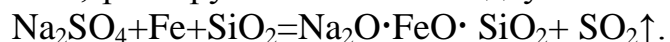
Огневое рафинирование сурьмы осуществляется в отражательной печи путем плавки черного или катодного металла с флюсами. При этом сурьму можно очистит от железа, мышьяка и серы до содержания 0,005 %.

Для удаления железа и частично меди используется большое сродство этих металлов к сере, чем к сурьме, и нерастворимости их сернистых соединений в металлической сурьме.

При добавлении к расплавленной сурьме серы, антимониум крудума (Sb_2S_3) или сульфидного сурьяного концентрата железо и медь реагирует с серой или сульфидом сурьмы с образованием сернистого железа и меди:



Образовавшиеся сульфиды всплывают на поверхность расплавленного металла, откуда их удаляют. Для лучшего отделения сернистого железа от сурьмы, а также для ошлакование пустой породы, содержащейся в добавляемом сурьяном концентрате, в процесс вводят сульфат натрия, который, расплавляясь, реагирует с железом и двуокисью кремния и образует шлак:

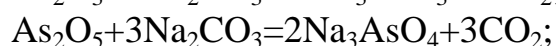
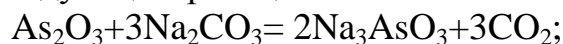


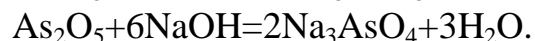
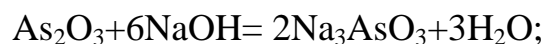
Кроме этого, сульфат натрия позволяет вести более глубокую очистку сурьмы от железо; так, трехсернистой сурьмой удаётся удалить железо до 0,04-0,05 %, сульфатом натрия до 0,005 %.

Для удаления из сурьмы мышьяка его окисляют и переводят образовавшиеся окислы в шлак. Окисления мышьяка происходит кислородом, содержащимся в печи или в воздухе, продуваемом через слой расплавленного металла. Возможно также применение солей, выделяющих кислород при разложении, например селитры. Окисление мышьяка протекает по реакциям:



Далее эти окислы, реагируя с окисью натрия, вводимой в шихту с содой или с едким натром, образуют арсенит натрия – Na_3AsO_3 и арсенат натрия Na_3AsO_4 по следующим реакциям:





Арсенит и арсенат натрия образуют с окислами сурьмы шлак.

Образование арсената натрия происходит до определенного предела насыщения им рафинировочного шлака, после чего удаление мышьяка и сурьмы прекращается. Этот предел зависит от концентрации мышьяка в рафинируемой сурьме, а также от состава шлака и температуры процесса. Поэтому мышьяка, как и железо, уделяют не за один, а за несколько приемов. После каждого приема из печи удаляют мышьяковистый шлак и вводят свежий флюс. Процесс ведут при 800-850 °С.

Рафинирование катодной сурьмы от мышьяка осуществляется примерно по такой же методике, как и рафинирование черновой сурьмы плавильных печей, описанное выше. При этом каустик используется либо в чистом виде, либо в смеси с кальцинированной содой (например, в соотношении 1:3). Если на предыдущей стадии рафинирования железо было удалено недостаточно полно, в состав реagentной смеси при доводках металла вводят также сульфат натрия (например, NaOH:Na₂CO₃: Na₂SO₄=1:3:3).

Процесс удаления железа состоит из повторяющихся операций.

После полного расплавление шихты расплав в печи тщательно перемешивают для усреднения состава расплавленного металла и лучшего отделения шлака от металла. Затем отбирают пробу металла для экспресс-анализа и тщательно сливают шлак.

Для удаления мышьяка используют соду, едкий натр или их смеси. Чаше применяют смесь соды и едкого натра в соотношении 1:1.

В процессе удаления мышьяка происходит отчистки сурьмы и от серы, поэтому эти процессы во времени не разделяют и специальных добавок для удаления серы не делают.

Рафинирование сурьмы от натрия можно осуществить двумя способами. Первый состоит в окислении натрия кислородом воздуха и ошлаковании окиси натрия при 800-850° двуокисью кремния.

По второму способу, расплав в печи охлаждают до застывания шлака, находящегося на поверхности сурьмы, после чего застывший шлак тщательно снимают с расплавленного металла. Открытую поверхность металла покрывают тонким слоем соды, и металл выдерживают в печи 15-20 мин. при 900-950°. В этот период происходит усиленное испарение, окисление и улетучивания натрия.

После рафинирования сурьмы отливают в слитки установленного веса и формы. По действующему стандарту поверхность слитков сурьмы высших марок должно быть звездчатой без видимых включений и потемнений слитки сурьмы низших марок не должны иметь, но поверхности посторонних включений размером более 5 мм.

Технологическая схема выщелачивания комплексной переработки техногенных отходов (штейн и шлак) КСК

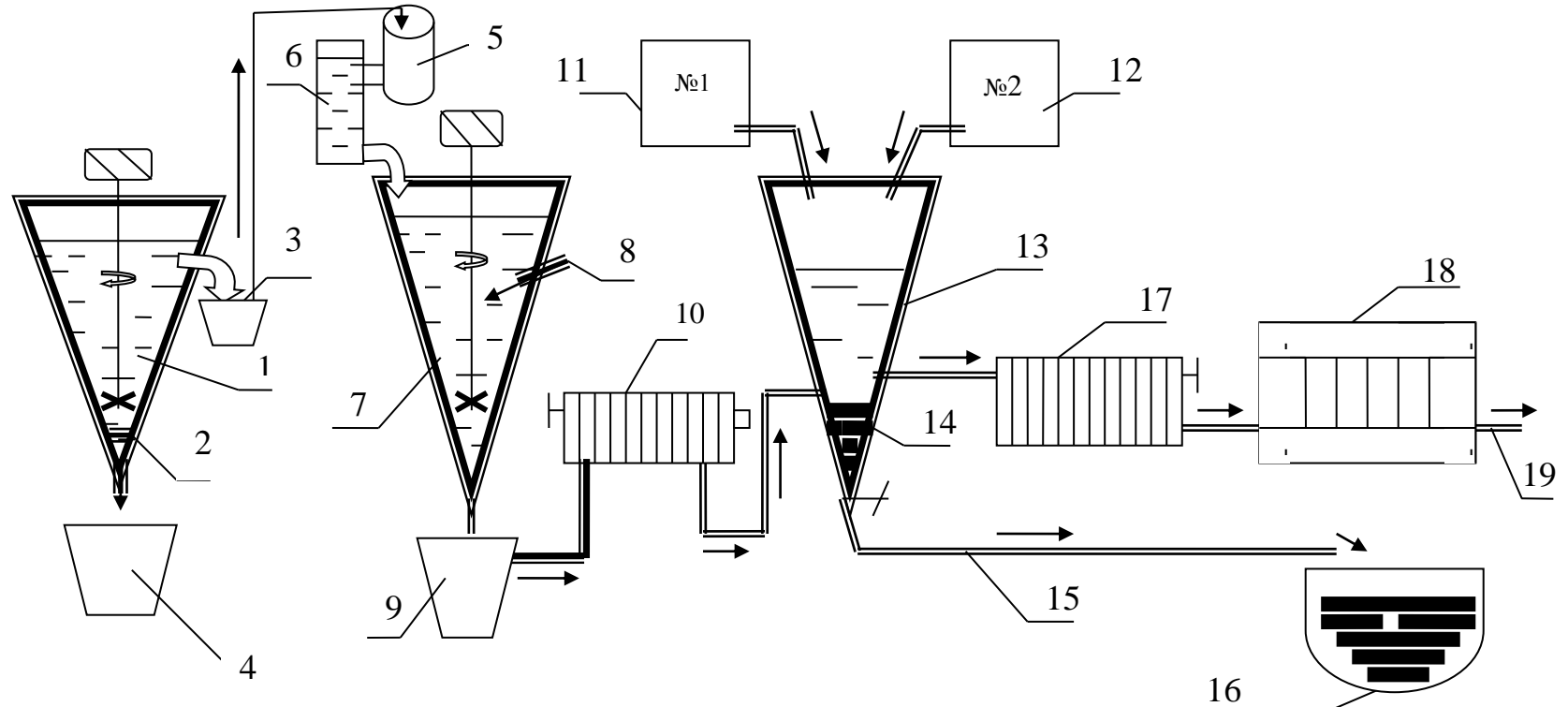


Рис.-2. 1-гравитационный сепаратор; 2-магнит; 3-легкая фракция; 4-тяжелая фракция; 5-загрузка штейна H_2SO_4 конц.; 6-электролит Na_2S и $NaOH$; 7-реактор для выщелачивания; 8-водяной пар; 9-сгуститель; 10-филтпресс №1; 11- №1 бачок для осаждения $As \downarrow Fe^{+3} \downarrow$; 12- №2 бачок для осаждения $Fe^{+2} \downarrow$; 13-делительная емкость для осаждения мышьяка и железа; 14-осадок соединения мышьяка и железа; 15-отходная труба; 16-отвал; 17- филтпресс №2; 18- электролизная ванна; 19-обратный электролит.

Розлив проводят со скорости 1,5-2 кг/сек; струя металла должна направляется в изложницу так, чтобы он не разбрызгивался на боковые поверхности изложницы, так как от этого слитки будут иметь шероховатую поверхность. Слитки освобождают из изложниц не менее чем через 30 мин. после розлива и отчищают от шлака.

Примерный состав катодной сурьмы, направляемой на рафинировании приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Химический состав катодного металла.

Вид сурьмы	Содержание компонентов, %								
	Sb	Fe	Pb	Sn	Cu	Ni	Na	As	S
Катодный металл гидроэлектрометаллургической схеме	96-99	0,03-0,5	0,01-0,1	0,01-0,03	0,0002-0,003	0,0001-0,02	0,1-1	0,01-0,15	0,1-1

Факторами, оказывающими положительное влияние в результате рафинирования, являются возгонка окислов или сульфидов элементов примесей (например, SO_2 , As_2O_3 , As_2S_2) и образование ими прочных комплексных соединений с компонентами рафинировочного шлака (например, окси и тиосолей натрия, силикатов тяжелых металлов и др.).

Из сурьмяных отходов в процессе электролиза и после рафинирования содержание металлической сурьмы, было получено следующие результаты (Таблица 6).

Таблица 6 – Рафинирование металла

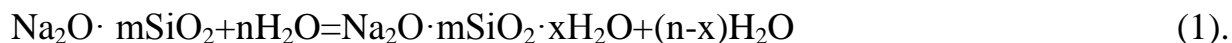
№ п/п	Вид отходы	Содержание металл Sb в процессе электролиза, в граммах	Содержание металлической сурьмы после рафинирования, в граммах	В процент ах	Летучие возгоны окислов и прочные тяжелые соединения в граммах	В процент ах
1	Штейн	20	19	95	1	5
2	Шлак	5	4,8	96	0,2	4

В третьей главе дано проведенное автором разработка технологии получения ферросилиция из отходов КСК на основе гравитационного обогащения сурьмы, а так же лабораторные результаты по получению ферросилиция на основе «вторичных» отходов КСК и технико-экономическое обоснование технологии получения металлической сурьмы из техногенных отходов КСК.

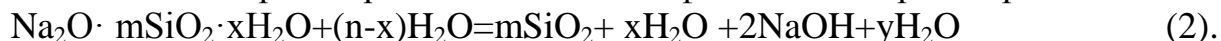
Кремний часто получают в виде сплава с железом (ферросилиция) сильным накаливанием смеси SiO_2 , железной руды и угля. Сплавы, содержания до 20% кремния (Si), могут быть, таким образом изготовлены в доменных печах, более высокопроцентные - в электрических. Ферросилиций не посредственно используется для изготовления кислотоупорных изделий, так как уже при содержании 15% Si на металл не действуют все обычные кислоты, кроме соляной, а при 50% Si перестает действовать и соляная

кислота. Важнейшее применения ферросилиция находит в металлургии, где он употребляется для ведения кремня в различные сорта специальный сталей и чугунов.

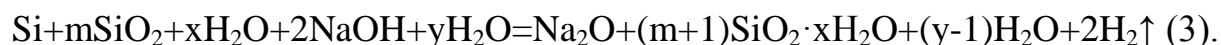
При изготовлении жидкого кремния из силикатной глыбы, согласно данным, протекает реакция коллоидизации и гидролиза путем нагрева до 100⁰С:



силикатный глыб растворитель коллоидная фаза избыток растворитель



Коллоидная фаза растворитель коллоидная фаза избыток растворитель где $y = m - x - 1$.



Нами установлено оптимальной состав композиционной смеси на основе ферросилиция с высоким содержанием активного кремния.

Для получения ферросилиция из «тяжелых» фракций сурьмяных отходов, сначала предварительно подвергали мойке, сушили и для приготовления шихты из техногенных отходов взяли 80г, 16г железной стружки и в качестве восстановителя применяли 4,0г полукокс, полученных из Узгенского угля Чангет.

В процессе плавки, которая ведется непрерывно, электроды глубоко погружены в шихту. При загрузке шихтовых материалов стремятся создать и поддерживать вокруг электродов шихту в виде конусов. Назначения конусов шихты состоит в том, чтобы затруднить выход газом, образующимся в зоне реакции, уменьшит потери тепла. Чем шире конус шихты, тем больше активная зона печи и лучше оседает шихта. В зоне дуг в шихте образуется полость с очень высокой температурой. Стенки этой полости непрерывно оплавляются, кремний восстанавливается и растворяется в жидком железе образуя сплав ферросилиция. Сплав отпускается в зону реакции.

Выплавленный ферросилиций разливают в специальной ковш.

Таким образом, из нижней части тяжелой фракции сурьмяных отходов (штейн шлак) электродуговым способом получены сплавы ферросилиция:

1. Из тяжелой фракции штейна приготовили 100г шихты, после обжига получено 68,4г сплав ферросилиция;
2. Из тяжелой фракции шлака приготовили 100г шихты, после обжига получено 80,2г сплав ферросилиция.

С учетом этого, в техническом проекте нами были рассчитаны капитальные и эксплуатационные затраты на создание опытно – промышленной установки (Таблица 7). На основе расчета эксплуатационных затрат и амортизационных отчислений была определена себестоимость производства чистой металлической сурьмы.

1 тонна металлической сурьмы полученный из техногенных отходов КСК дешевле, чем металлической, сурьмы, полученной из горных на 30,87% (таблица 7). Это связано с тем, что при получении металлической сурьмы из горных руд затрачивается дополнительный расход электроэнергии на подачи

воздуха, бурение, загрузка, подъем, перевозки руды и т. д в подземных шахматных условиях. Кроме того, руда поступает на обогатительную фабрику (конусное дробление руды, щековое дробление, транспортировка руды, измельчение руды в шаровых мельницах, флотация, и фильтрация концентрата сурьмы).

Таблица 7 – Себестоимость производства металлической сурьмы.

Элемент затрат	Расходы на 1,0 тонн металлической сурьмы, в сомах	
	Полученные из горных руд (антимонит)	Полученные из техногенных отходов
Разработка руды в шахте	53000	–
Обогащение с гравитационными способами	-	14000
Обогащение руды флотационными способами	60000	–
Переработка концентрата пирометаллургическим процессом	64000	–
Переработка концентрата гидromеталлургическим процессом	76000	52000
Рафинирование сурьмы	39500	20000
Перевозка руды или техногенные отходы	37000	8000
Электроэнергия	70000	20480
Прочие расходы	21000	8000
Зарплата сх соцвыплатами 21%	41000	20000
Итого:	461500	142480

Выше сказанное позволяет сделать вывод, что предложенная нами технология гравитация, переработка и разработка и производство сурьмы на ее основе позволяет вырабатывать высокорентабельную, экологически чистую продукцию – металлическую сурьму и ферросилиция из техногенных отходов КСК.

ВЫВОДЫ

В диссертации получены следующие результаты:

1. В процессе гравитационного обогащения сурьмяных отходов выделяются легкие и тяжелые фракции. Получены, что массовые концентрации тяжелых фракций составляет - 40%, а легких - 60%.
2. Определено, что с использованием гравитационного обогащения можно извлечь сурьмы из отходов Кадамжайского сурьмяного комбината до 17,3%. Магнитная система прикрепленная на дне реактора позволяет извлечь из отходов металлической железа до 7-8%.
3. Установлено, что отходы металлической сурьмы, содержащейся в производственных техногенных отходах не растворяется в едком и сернистом натрие. Для растворения металлической сурьмы необходимо использовать концентрированную серную кислоту в соотношении 1:10 в зависимости от массы штейна.
4. Показано, что в процессе реакции в реакторе выделяются соединения мышьяка и железа и в электролите содержится малое количества ионов мышьяка, а ионы Fe^{+2} и Fe^{+3} отсутствуют.
5. В процессе электролиза из обогащённых отходов штейна получена металлическая сурьма в количестве 20% , а из шлака 5%. В процессе рафинирования сурьмы, полученной из штейна - металлическая сурьма составляет 95%, а 5% возгоняется в виде окислов и осаждаются в виде тяжелых соединений.
6. Разработана технология получения ферросилиция из отходов КСК.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Ысманов, Э.М. Обогащение сурьмяных отходов на основе гравитационного метода [Текст] / Э.М.Ысманов, У.К.Абдалиев, Ы.Ташполотов // В журнале Российской Академии Естествознания: Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – №7 (часть 5). – 2016 г. – С.779-782.
2. Ысманов, Э.М. Определение химического состава промышленных отходов кадамжайского сурьмяного комбината [Текст] / Э.М. Ысманов // Журнал КУУ: Наука, образование, техника. – №2 (56). – Ош, 2016. – С. 1-7.
3. Ысманов, Э.М. Получение ферросилиция из сурьмяных отходов кадамжайского сурьмяного комбината электродуговым способом [Текст] / Э.М. Ысманов // Журнал ОшГУ: Вестник ОшГУ. – № 4. – Ош, 2016. – С. 159-164.
4. Ысманов, Э.М. Получение металлическое сурьмы из промышленного отхода Кадамжайского сурьмяного комбината по методам электролиза [Текст] / Э.М.Ысманов, У.К.Абдалиев // Журнал КУУ: Наука, образование, техника. – №2 (56). – Ош, 2016. – С. 144-151.

5. Ысманов, Э.М. Рафинирование сурьмы [Текст] / Э.М.Ысманов, У.К.Абдалиев, Ы.Ташполотов // Журнал Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – № 7. – Бишкек, 2016. – С. 29-31.

6. Ысманов, Э.М. Эффективное обогащение металлической сурьмы из отходов Кадамжайского сурьмяного комбината (КСК) гравитационным способом и определение содержания сурьмы, мышьяка и железа химическими методами [Текст] / Э.М.Ысманов // Журнал Вестник КГУСТА: – №4. – Бишкек, 2016.–С.81-85

7. Ысманов, Э.М. Осаждения мышьяка и железа из промышленных отходов (штейна и шлака) Кадамжайского сурьмяного комбината химическим методом [Текст] / Э.М.Ысманов, У.К.Абдалиев, Ы.Ташполотов // В журнале Российской Академии Естествознания: Международный журнал экспериментального образования. – №1. – 2017 г. – С.44-47.

8. Ысманов, Э.М. Обогащение сурьмяных отходов на основе гравитационного метода [Текст] / Э.М.Ысманов, У.К.Абдалиев, Ы.Ташполотов // Свидетельство №3085 –КЫРГЫЗПАТЕНТ, 2017.

Ысманов Эшкозу Мойдуновичтин 01.04.07-конденсирленген абалдын физикасы адистиги боюнча «Кадамжай сурьма комбинатынын техногендик чыгындыларын изилдөө жана комплекстик кайра иштетүүнүн технологиясын иштеп чыгуу» аттуу темада техника илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациясынын РЕЗЮМЕСИ

Негизги сөздөр: гравитация, жегич менен эритүү, байытуу, чыгындылар, фракция, штейн, шлак, классификация, тазалоо, чөктүрүү, электролит, аралашма, процесс, тиосульфат, катоддук чөкмө, катоддук металл.

Изилдөө объектиси: Кадамжай сурьма комбинатынын техногендик чыгындылары жана комплекстик кайра иштетүүдөн металл сурьмасын, ферросилицийди алуунун технологиясы.

Диссертациянын максаты: Кадамжай сурьма комбинатынын техногендик чыгындыларын изилдөө жана комплекстик кайра иштетүүнүн технологиясын иштеп чыгуу.

Изилдөө усулдары: электролиз усулу жана рафинирлөө.

Илимий жаңылыктары:

- Курамынан оор жана түстүү металлдарды бөлүп алуу үчүн сурьманын калдыктарын адаттагыдай эмес чийки зат катары байытуу үйрөнүлдү;
- Кадамжай сурьма комбинатынын өндүрүштүк чыгындыларында сурьма, темирдин кычкылы, металлдардын тарындысы, кремнийдин кычкылы ж.б. жогорку концентрацияда экендиги эксперименталдык түрдө аныкталды;
- Сурьманын чыгындыларын гравитациялык байытуунун технологиясы жана аны кайра иштетүүнүн технологиясы иштелип чыгарылды;
- Сурьманын чыгындыларындагы оор фракциялар аныкталды жана электродугалык ыкмада ферросилицийдин куймасы алынды;

- Электролиз усулунан кийин рафинирлөө менен Кадамжай сурьма комбинатынын техногендик чыгындыларынан катоддук сурьма металлы алынды;
- Кадамжай сурьма комбинатынын өндүрүштүк чыгындыларынан сурьма металлын алуунун экономикалык эффективдүүлүгү көрсөтүлдү.

Изилдөөнүн практикалык мааниси: Кадамжай сурьма комбинатынын техногендик чыгындыларын комплекстик кайра иштетүү технологиясы сурьма металлын, ферросилицийди алууга жана ошондой эле өздүк наркы арзан болуусунан колдонууга алып келет жана комбинаттын экологиялык абалын жакшыртат.

РЕЗЮМЕ

диссертации Ысманова Эшкозу Мойдуновича на тему «Исследование и разработка технологии комплексной переработки техногенных отходов Кадамжайского сурьмяного комбината» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

Ключевые слова: гравитация, выщелачивание, обогащение, отходы, фракция, штейн, шлак, классификация, очистка, осаждение, электролит, примесь, процесс, тиосульфат, катодная осадка, катодный металл.

Объект исследования: техногенные отходы Кадамжайского сурьмяного комбината (КСК) и технология комплексной переработки получения металлической сурьмы и ферросилиция.

Цель работы: является исследование и разработка технологии комплексной переработки техногенных отходов Кадамжайского сурьмяного комбината.

Методы исследования: метод электролиза и рафинирование.

Научная новизна:

- Изучены сурьмяные отходы обогащения как нетрадиционного сырья для извлечения установленных тяжелых и цветных металлов;
- Экспериментально установлено высокой концентрации сурьмы, оксид железа и оксид кремния и стружки металлов и т.д. в отходах Кадамжайского сурьмяного комбината (КСК);
- Разработана технология гравитационного обогащения сурьмяных отходов и технологии их переработки;
- Определены тяжелые фракции сурьмяных отходов и получены сплавы ферросилиция электродуговым способом;
- Получен катодный металл сурьмы из промышленных отходов КСК методом электролиза с дальнейшим рафинированием металлической сурьмы;
- Показана экономическая эффективность получения металлической сурьмы из техногенных отходов КСК.

Практическое значение исследования: разработанная технология комплексной переработки техногенных отходов КСК позволяет, получить металлической сурьмы и ферросилиция, а также низкая себестоимость разработанной технологии делает реализуемой в нынешних условиях в КСК и позволяют улучшить экологическое состояние комбината.

THE RESUME

of the thesis written by Ysmanov Eshkozu Moidunovich on a theme «Research and working out of technology of complex processing anthropogenic waste of Kadamzhai antimonite complex» for a degree of master of science on 01.04.07 - «Physics of the condensed state».

Keywords: gravitation, leaching, concentration, waste, fraction, matte, slag, elutriation, refining, sedimentation, electrolyte, admixture, process, thiosulfate, cathode, cathodic metal.

Object of research: Kadamzhai antimonite complex and technology of complex processing of reception of metal antimony and ferrosilicon.

The goal of the work is researching and working out of technology of complex processing of a technogenic waste of Kadamzhai antimonite complex.

Research methods: a method electrolysis and refinement.

Scientific novelty:

- An antimonite waste of concentration as nonconventional raw materials for extraction established heavy and nonferrous metals is studied;
- Experimentally high concentration of antimony, iron oxide and silicon oxide and metal shavings etc. in the waste of Kadamzhai antimony complex is determined.
- The technology of gravitational concentration of an antimonite waste and technology of their processing is carried out;
- Heavy fractions of an antimonite waste are defined and ferrosilicon alloys are received by electro arc way;
- Cathodic metal of antimony from industrial wastes of Kadamzhai antimony complex by a method electrolysis with the further refinement of metal antimony is received;
- Economic efficiency of reception of metal antimony from technogenic waste of Kadamzhai antimony complex is shown.

Practical value of research: the developed technology of complex processing of technogenic waste of Kadamzhai antimony complex allows to receive metal antimony and ferrosilicon, as well as low cost of developed technology makes implementable feasible under current conditions of Kadamzhai antimony complex and enables to improve the ecological state of the complex.



Подписано к печати 12.10. 2017.
Бумага офс. Формат бумаги 60x84
Объем 1,2 п.л. Тираж 150 экз. Заказ _____

Типография «РИО» ОшГУ
714018, г.Ош ул. Исанова, 81