



Утверждаю

Ректор ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»

Корняков М.В.

«29» ноября 2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет» на диссертацию Казанцева Якова Викторовича «Выделение редких элементов из лигнита и углеродсодержащих отходов алюминиевого производства», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ

Актуальность диссертационной работы

В современных условиях все более возрастает роль редких металлов, при этом вводятся ограничения на их экспорт, так, основной производитель Китай в 2023 году резко сократил поставки галлия и германия на мировой рынок. Таким образом, решающим условием развития отечественной техники, прежде всего электроники, становится обеспечение производства собственными ресурсами минерального сырья и технологиями его переработки с выделением германия, галлия и редкоземельных элементов. Работа Казанцева Я.В. направлена на комплексное исследование малоизученных редкометалльных сырьевых источников природного и техногенного происхождения, включая лигниты Нижнего Приангарья и отходы алюминиевого производства в виде углеродного концентрата, изучение закономерностей процессов извлечения германия, галлия и редкоземельных элементов, разработке на этой основе подходов к

Получено ИХХТ СО РАН
25 декабря 2024 г.
Вход № 287.8-23-08/36

эффективной переработке сырья, что определяет актуальность темы диссертации.

Тема диссертации отвечает основным направлениям фундаментальных научных исследований в Российской Федерации (2021–2030 годы): 1.4.3. Физико-химические основы рационального природопользования и охраны окружающей среды на базе принципов «зеленой» химии и высокоэффективных каталитических систем, создание новых ресурсо- и энергосберегающих металлургических и химико-технологических процессов, включая углубленную переработку углеводородного и минерального сырья различных классов, бытовых и техногенных отходов, а также новые технологии переработки облученного ядерного топлива и обращения с радиоактивными отходами.

Актуальность темы диссертации подтверждается участием автора в выполнении проекта РФФИ № 20-43-242905 и государственного задания ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», номер проекта FSRZ-2020-0013.

Объём и структура диссертации

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский федеральный университет», изложена на 116 страницах, содержит 32 рисунка, 24 таблицы, состоит из введения, трёх глав, выводов, списка литературы из 175 наименований и 5 приложений. Автореферат в полной мере отражает диссертационное исследование и соответствует тексту диссертации.

Во введении автор раскрывает актуальность темы диссертационной работы, степень её разработки, обосновывает её научную новизну и практическую значимость, формулирует цель и задачи исследования, а также основные защищаемые положения.

В первой главе проведён анализ литературных данных по проблеме исследования, который включает сведения о состоянии минерально-сырьевой

базы германия, галлия и редкоземельных металлов в Российской Федерации; физико-химические закономерности процессов переработки сырьевых материалов, содержащих редкие металлы; известные характеристики объектов исследования лигнитов Серчанского месторождения, залегающих в среднем течении р. Енисей (район Нижнего Приангарья), и отходов алюминиевого производства в виде угольной пены и углеродного концентрата – продукта её утилизации.

На основе представленного обзора литературы обоснован выбор темы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Во **второй главе** рассматриваются применяемые в работе методы исследования и методики проведения экспериментов. Приведена конструкция лабораторной установки, позволяющей проводить сжигание углеродного сырья в кипящем слое с концентрированием германия в золе-уноса, а редкоземельных металлов (РЗМ) – в зольном остатке.

Исследования сырьевых материалов и продуктов их сжигания проводились с использованием комплекса методов, необходимых для полноты данных о составе и физико-химических свойствах объектов исследования.

Элементный состав исследуемых образцов, продуктов их сжигания и выщелачивания РЗМ и галлия определяли методами рентгеновского флуоресцентного и атомно-эмиссионного с индуктивно связанной плазмой анализов с использованием спектрометров XRF1800 Shimadzu и iCAP 6500 DUO (ThermoScientific, USA). Фазовый состав материалов изучали с помощью рентгеновского дифрактометра XRD-6000 (Shimadzu). Электронно-микроскопические исследования проводили с использованием микроскопов VEGA 3 (Tescan) и TM-4000 (Hitachi). Синхронный термический анализ лигнита и углеродного концентрата проводили с помощью анализатора SDT Q600 (TA Instruments) в сочетании со спектрометром Nicolet 380 FT-IR (Thermo Scientific).

В третьей главе приведены результаты исследования состава и свойств лигнита Серчанского месторождения и углеродных отходов производства алюминия по технологии Содерберга; получены новые данные о содержании и формах присутствия германия, РЗМ и галлия в сырьевых материалах; установлен механизм накопления галлия и германия в углеродных отходах электролизера.

Представлены результаты проведенного автором термодинамического анализа процессов горения углеродного сырья, положенные в основу методики извлечения германия из лигнита в ходе его сжигания в кипящем слое, а также данные экспериментальных исследований, включая фазовый и элементный состав возгонов и зольных остатков, позволившие выявить закономерности процессов горения сырьевых материалов и определить количественные характеристики извлечения содержащихся в них ценных компонентов. Показано, что степень извлечения германия достигает 80–82 %, а в золе концентрируются РЗМ, либо галлий.

Рассмотрены также закономерности процессов выщелачивания редкоземельных металлов и галлия из зольного остатка лигнита и углеродного концентрата, подобраны составы сред и температурные режимы, обеспечивающие степень их извлечения на уровне 90 %. Отметим, что для галлия разработан полный цикл извлечения из зольного остатка углеродного концентрата, включающий стадию осаждения на галламу алюминия. Установлено, что степень осаждения галлия на галламу алюминия составляет 90 %, в результате этого процесса получен черновой галлий.

Научная новизна исследований и полученных результатов

К числу наиболее значимых результатов, отражающих новизну исследований, можно отнести следующее.

Доказано, что лигнит и углеродные отходы алюминиевого производства можно использовать в качестве сырья для получения галлия, германия и РЗМ.

Впервые предложен способ сжигания углеродного концентрата для извлечения ценных компонентов, развиты его теоретические основы, обеспечивающие получение золы-уноса, обогащённой германием, и зольного остатка – концентрата галлия.

Выявлены закономерности горения лигнита и углеродного концентрата, необходимые для разработки химико-технологических процессов их переработки, обеспечивающих получение золы-уноса, обогащенной германием, и зольных остатков, представляющих собой концентраты редкоземельных металлов, либо галлия, установлено, что содержание редкоземельных металлов в зольном остатке лигнита достигает 1,2 масс. %, галлий накапливается в зольном остатке углеродного концентрата до 0,8 масс. %.

Установлены закономерности выщелачивания редкоземельных металлов и галлия из зольных остатков лигнита и углеродного концентрата, определены условия и реагенты, при которых достигается максимальная степень извлечения редкоземельных металлов и галлия на уровне 90 %.

Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты проведённых исследований вносят вклад в развитие теоретических основ технологий комплексной переработки природного и техногенного углеродсодержащего сырья и могут быть использованы для извлечения германия, галлия и редкоземельных металлов из лигнитов Нижнего Приангарья и углеродного концентрата – отходов алюминиевого производства.

Разработан способ и определены технологические параметры сжигания лигнита и углеродного концентрата с получением обогащённой германием золы-уноса и концентратов галлия и редкоземельных металлов в виде зольных остатков.

Выработаны предложения по эффективному извлечению германия, галлия и редкоземельных металлов из золы-уноса и зольных остатков.

Достоверность полученных результатов

Достоверность результатов не вызывает сомнений. Для решения поставленных задач применяли методы атомно-эмиссионной спектроскопии, синхронного термического анализа, сканирующей электронной микроскопии, микрорентгеноспектрального анализа, рентгеновских методов исследования элементного и фазового анализа.

Достоверность результатов и выводов подтверждается корреляцией данных, полученных с помощью различных методов исследований, воспроизводимостью результатов исследований процессов извлечения германия, галлия и РЗМ из сырьевых материалов.

Объём проведённых исследований достаточен для обоснования выносимых на защиту положений.

Обоснованность положений, выносимых на защиту и выводов по работе

Положения, выносимые на защиту, не вызывают возражений, имеют научную новизну, теоретически обоснованы и экспериментально доказаны. Выводы по работе соответствуют её содержанию, базируются на большом экспериментальном материале и не противоречат имеющимся литературным данным.

Значение результатов диссертации для науки и производства

Полученные в диссертационной работе результаты имеют теоретическое и практическое значение для развития процессов химико-металлургической переработки редкометалльного углеродсодержащего сырья с получением конкурентоспособной продукции высокой готовности, а также – снижения

антропогенного воздействия алюминиевого производства на окружающую среду. Результаты диссертационного исследования могут быть использованы для расширения сырьевой базы и комплекса современных методов извлечения германия, галлия и РЗМ из природного и техногенного сырья, что может послужить усилению сырьевой независимости в производстве редких металлов.

Научные и прикладные результаты диссертации могут быть рекомендованы для использования в научно-исследовательских институтах и высших учебных заведениях химического, химико-технологического профиля при решении задач, связанных с разработкой технологий концентрирования и выделения редкометалльного сырья, а так же прикладных исследований таких организаций как: ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского» (ФГБУ «ВИМС») (г. Москва), ФГБУН «Институт общей и неорганической химии им. Курнакова» РАН (г. Москва), ФГБУН ИГЕМ РАН (г. Москва), ФГУП ИГИ (г. Москва), АО «ГИРЕДМЕТ» (г. Москва) и др.

При рассмотрении диссертации появились следующие вопросы и замечания.

1. В работе не приводятся результаты сравнения содержания галлия в глинозёмах от различных поставщиков на предприятиях АО «РУСАЛ».

2. В описании схемы накопления галлия и германия в угольной пене и, как следствие, в углеродном концентрате, не раскрыт механизм сорбции галлия и германия.

3. В работе указано, что годовое производство галлия в России составляет 5 т, а при переработке отходов алюминиевого производства в виде углеродного концентрата можно выделить ещё 4 т галлия. Какова годовая потребность в галлии в России?

4. В отношении углеродного концентрата возникает вопрос, связанный загрязнением атмосферы, возможно, необходимо предусмотреть очистку отходящих газов?

Заключение

Сделанные замечания не являются принципиальными и не снижают общей положительной оценки работы. Поставленные в диссертации задачи решены в полном объеме.

Диссертацию Якова Викторовича Казанцева «Выделение редких элементов из лигнита и углеродсодержащих отходов алюминиевого производства» является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной автором на современной научном уровне, содержащей новое решение актуальной задачи переработки углеродсодержащего редкометалльного сырья и извлечения ценных компонентов германия, галлия и РЗМ.

По теме диссертации опубликовано 5 статей в рецензируемых международных журналах, входящих в список ВАК, 1 патент РФ. Опубликованные статьи проиндексированы в международной базе Scopus, две из них – в Web of Science. Результаты работы доложены на конференциях различного уровня и опубликованы в 7 тезисах докладов.

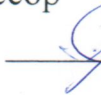
Представленная работа полностью соответствует требованиям п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертации, а её автор – Казанцев Яков Викторович заслуживает присуждения учёной степени кандидата химических наук по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды им. С.Б. Леонова федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический

университет». Присутствовало на заседании 15 чел., результаты голосования: «за» - 15 чел., «против» - 0 , «воздержались» - 0, протокол заседания № 3 от «20» ноября 2024 г.

Председатель заседания

Заведующий кафедрой Обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды им. С.Б. Леонова федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», д.т.н., профессор



Федотов Константин Вадимович

Секретарь заседания

Доцент кафедры Обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды им. С.Б. Леонова федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», к.т.н., доцент



Власова Вера Викторовна

Органи

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет». Почтовый адрес: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Официальный сайт: www.istu.edu

Тел. +7 (3952) 405-100, e-mail: info@istu.edu

Подпись Федотова К. В., председателя заседания заверяю

Подпись Власовой В.В., секретаря заседания заверяю

Должность _____ (подпись) ФИО

М.П.

« _____ »

2024



ЕРЯЮ

отдел ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»

