

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Казанцева Якова Викторовича

«Выделение редких элементов из лигнита и углеродсодержащих отходов
алюминиевого производства»,

представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук
по специальности 2.6.7 – Технология неорганических веществ

Работа Казанцева Якова Викторовича посвящена разработке способов, последовательности технологических операций и процессов переработки лигнита и углеродсодержащих отходов алюминиевого производства с извлечением германия, галлия и редкоземельных металлов.

В работе представлены результаты исследований, направленных на исследование закономерностей процессов сжигания лигнита и углеродного концентрата с целью получения богатых по германию зол-уноса и зольных остатков как концентратов редкоземельных металлов, либо галлия. Исследовано влияние параметров выщелачивания на степень извлечения германия из золы-уноса, редкоземельных металлов и галлия из зольных остатков.

Предложены принципиальные схемы переработки исследованных видом сырья с целью получения целевых германий- и галлий-содержащих продуктов.

Научная новизна работы заключается в том, что:

- впервые разработаны способы последовательность и условия переработки лигнита и углеродсодержащих отходов алюминиевого производства, обеспечивающие возможность выделения из них германия, галлия и РЗЭ;

Получено ИХХТ СО РАН
09 декабря 2024г.
Вход № 287.8-23-08/32

- предложен и обоснован механизм накопления и изучены формы нахождения редких элементов – германия и галлия в угольной пене и углеродном концентрате.

! разработан технологический процесс сжигания сырьевых материалов в кипящем слое, обеспечивающий получение золы-уноса, обогащенной германием, и зольного остатка – концентрата галлия в случае углеродного концентрата или редкоземельных металлов – в случае лигнита.

Практическая значимость работы состоит в том, что автором разработан и апробирован способ получения концентрата германия из углеродсодержащего сырья. Разработаны процессы выщелачивания редкоземельных металлов и галлия из зольного остатка лигнита и углеродного концентрата, обеспечивающие извлечение ценных компонентов на уровне более 90%.

При проведении исследований соискателем:

- разработан процесс горения лигнита в интервале температур от 1273 до 1473 К, обеспечивающий степень извлечения германия 80–82 % при скорости продувки воздухом $20,5 \text{ м}^3/(\text{мин} \cdot \text{м}^2)$, и концентрирование германия в зольном уносе до 1,2–1,3 масс. % и редкоземельных металлов в зольном остатке в количестве до 1,2 масс. %;

- максимальная степень извлечения редкоземельных металлов (90 %) из зольного остатка лигнита и углеродного концентрата достигается в растворе 4 М хлороводородной кислоты при температуре 363 К;

- максимальная степень извлечения галлия (90 %) из зольного остатка лигнита и углеродного концентрата достигается в автоклавных условиях в смеси щавелевой кислоты с пероксидом водорода при температуре 433 К;

- сплавление зольного остатка от сжигания углеродного концентрата с гидроксидом или гидрокарбонатом натрия при последующем растворении плава водой, обеспечивает извлечения галлия в раствор 90 и 94 %, соответственно.

Достоверность выдвигаемых на защиту научных положений и результатов обусловлена использованием современных физико-химических и физических методов анализа и обширным набором экспериментальных данных, полученных в ходе выполнения работы. Привлечением математического аппарата, методов математического планирования эксперимента и оценки погрешностей измерений.

В этой связи основные выводы работы не вызывают сомнения.

Структура диссертационной работы.

Диссертационная работа Я.В. Казанцева изложена на 116 страницах машинописного текста, включая список литературы из 175 наименований. Во введении сформулированы цель работы, задачи исследования, изложены положения, выносимые на защиту, научная новизна работы и ее практическая значимость, обоснована достоверность полученных результатов. Диссертация содержит 32 рисунка и 24 таблицы.

В первой главе проведен критический анализ научно-технической и патентной литературы по теме исследования, обоснована актуальность цели работы и сформулированы основные задачи исследования.

Во второй главе представлены методы и методики получения и исследования объектов исследований.

В третьей главе описаны представлены свойства лигнита Серчанского месторождения, отходов алюминиевого производства в виде угольной пены и углеродного концентрата, а также результаты исследования закономерностей их химико-металлургической переработки с целью извлечения ценных компонентов.

По результатам работы сформулированы выводы.

Результаты работы прошли качественную апробацию на международных и всероссийских научных мероприятиях и опубликованы в 6 статей, 5 из которых в журналах, входящих в базы цитирования Scopus и Web

of Science, 1 патент РФ, и могут найти применение 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) и др.

Автореферат диссертации в полной мере отражает содержание диссертационной работы.

Высоко оценивая фундаментальную и прикладную значимость работы, тем не менее, по тексту работы возникает ряд **вопросов и замечаний**:

- например, на стр. 78 диссертации (табл. 3.16) при выщелачивании РЗМ из зольного остатка ($T_{\text{сжигания лигнита}} = 1423 \text{ K}$) серной кислотой достигаемая степень извлечения РЗМ составляет 63%, в то время как применение соляной кислоты обеспечивает извлечение на уровне не более 59%. При этом, на той же странице автор делает заключение о том, что «оптимальным для выщелачивания РЗМ из зольного остатка в предлагаемых условиях сжигания лигнита при 1423 К является 4 М раствор HCl, время выщелачивания – 4 ч, температура – 363 К». Какой критерий оптимальности в данном случае оценивается?

- из текста диссертации и автореферата остается не ясным выбор исследованного в работе соотношения Т:Ж в процессах выщелачивания РЗЭ. Автор выбрал Т:Ж=1:20, и в работе отсутствуют данные об исследованиях других соотношений;

- не обоснован выбор в качестве селективных выщелачивающих систем для извлечения галлия, например, смеси $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ с пероксидом водорода, или ортофосфорной кислоты. В работе нет данных о влиянии, например,

концентраций таких смесей, соотношений компонентов и ряда других данных, необходимых для обоснования сделанного выбора;

- по тексту диссертации имеется ряд незначительных опечаток;

- в работе отсутствует раздел Заключение, при этом заключительные положения по работе присутствуют в разделе Выводы.

В целом, текст автореферата и диссертации Казанцева Я.В. написаны достаточно ясным языком, материал изложен в логической последовательности, а приведенные замечания не снижают общего благоприятного впечатления.

Диссертация Казанцева Якова Викторовича является законченной научно-квалификационной работой и в полной мере соответствует паспорту специальности 2.6.7 – Технология неорганических веществ, поскольку посвящена разработке способов и последовательности технологических операций и процессов переработки сырья, промежуточных и побочных продуктов, вторичных материальных ресурсов (отходов производства и потребления) в неорганические продукты (Ge, Ga, PЗЭ) (п. 4 Формулы «Способы и последовательность технологических операций и процессов переработки сырья, промежуточных и побочных продуктов, вторичных материальных ресурсов (отходов производства и потребления) в неорганические продукты») и Технологическим процессам получения неорганических продуктов (п. 1 Формулы «Технологические процессы получения неорганических продуктов: соли, кислоты и щелочи, минеральные удобрения, изотопы и высокочистые неорганические продукты, катализаторы, сорбенты, неорганические препараты»).

В целом, диссертационная работа «Выделение редких элементов из лигнита и углеродсодержащих отходов алюминиевого производства», соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ №842 в действующей редакции от 25.01.2024, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает

присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности
2.6.7 – Технология неорганических веществ.

Я, Сачков Виктор Иванович, даю свое согласие на включение своих
персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного
совета, и их дальнейшую обработку.

Зав. лабораторией «Инновационно-технологический центр»

ОСП «Сибирский физико-технический институт»

Томского государственного университета,

доктор химических наук (05.17.02; 02.00.04),

доцент (05.17.02)

Виктор Иванович Сачков

Подпись д.х.н., доцента В.И. Сачкова удостоверяю,

Ученый секретарь НИ ТГУ, к.ф.н.

Н.А. Сазонтова

Федеральное государственное а

образовательное учреждение высше

«Национальный исследовательский Томский государственный университет»,

634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, (3822) 529-852,

www.tsu.ru, rector@tsu.ru