

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке УрФУ

Германенко А.В.

2021 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертацию Игнатович Александра Сергеевича на тему
«Извлечение меди и рения из растворов аммиачного выщелачивания медных
некондиционных концентратов», представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 –
«Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Общая характеристика работы

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-петербургский горный университет». Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 89 источников, содержит 118 страниц машинописного текста, 32 рисунка, 29 таблиц. Имеются ссылки на работы как отечественных, так и зарубежных ученых. Диссертация написана грамотным научным языком, хорошо оформлена. В целом представленная работа характеризуется последовательностью изложения и внутренним единством, содержит достаточный материал для понимания не только существа, но и деталей исследования. Полученные результаты отвечают поставленным целям и задачам.

Актуальность темы исследований

В последние годы наблюдается значительное истощение сырьевых запасов богатых руд, в связи с чем в производство все чаще вовлекаются окисленные, бедные и труднообогатимые руды, отходы металлургических производств. Запасы подобного рода обширны и содержат десятки миллионов тонн ценных металлов. Таким образом, общей задачей, не теряющей актуальность, становится поиск и реализация новых способов получения металлов из нетрадиционных источников сырья. Кроме того, забалансовые руды, некондиционные концентраты и шлаки металлургической промышленности создают долговременное загрязнение окружающей среды, что является негативным фактором в формировании требований экологической безопасности. В частности, на данный момент в России количество произведенных техногенных медьсодержащих отходов

ОТЗЫВ

ВХ. № 577 -9 от 14.12.21
ЛУ УС

сопоставимо с объемами балансовых месторождений. Каждый год в ходе функционирования предприятий металлургического профиля производится около 100 миллионов тонн шлаков, содержащих рений и пригодных к дальнейшей переработке. Таким образом, разработка технических решений, направленных на сокращение шлаковых отходов и включающих попутное получение меди и соединений рения является актуальной задачей.

Научная новизна

Среди основных результатов работы, характеризующихся научной новизной, можно выделить:

- выявлены физико-химические особенности сорбции рения из щелочных аммиачных сред на сильноосновных и слабоосновных анионитах. Установлено, что большей селективностью по отношению к рению обладают слабоосновные аниониты Purolite PPA100 и Purolite A103 Plus;

- детально изучены термодинамические параметры сорбции перренат-иона на слабоосновных анионитах Purolite PPA100 и Purolite A103 Plus. Получены значения предельной сорбции, констант равновесия сорбции;

- показано, что лимитирующей стадией сорбции перренат-иона является внутренняя диффузия; определены кинетические параметры процесса: константы скорости ионообменной адсорбции, время полуобмена и коэффициент диффузии;

- экспериментально установлены закономерности экстракции аммиаката меди с применением LIX 84-I. Показано, что лимитирующей стадией экстракции аммиачных комплексов меди является диффузия, на что указывает протекание реакции по первому порядку и значение энергии активации равное 40,85 кДж/моль.

Степень обоснованности научных положений и практическая ценность работы

Многосторонность исследования потребовала использовать различные исследовательские методы. Исследования, в том числе, проводились на базе лабораторий Санкт-Петербургского горного университета. Состав сырья, реагентов и продуктов установлен инструментальными методами анализа, включая спектральный анализ в видимой и инфракрасной областях света, рентгено-флуоресцентный анализ. Автор не только ориентируется в методических особенностях использованных методов, но и корректно интерпретирует результаты исследований.

Теоретические предположения, положенные в основу экспериментальных исследований, подтверждаются полученными опытными

данными. Достоверность результатов, полученных при проведении лабораторных экспериментов, доказана их воспроизводимостью, повторяющейся тенденцией экспериментальных зависимостей, непротиворечивостью сведениям, описанным в литературе. Результаты исследований, являются оригинальными в силу недостаточного объема информации о межфазном распределении перренат-ионов и ионов меди в аммиачных средах при использовании ионного обмена и жидкостной экстракции.

Теоретическая и практическая ценность работы заключается в получении следующих теоретических и экспериментальных данных:

- определены принципиальные направления технических решений, применяемых в переработке некондиционных медных концентратов, с целью расширения сырьевой базы за счет включения в переработку низкокачественного природного и техногенного сырья и извлечения меди и рения;

- в соответствии с представлениями о форме существования меди, рения и серебра в аммиачных средах, выбраны направления их извлечения и разделения. Для извлечения рения в форме перренат иона рекомендован метод сорбции на слабоосновном анионите марки Purolite, устойчивом к окислительному действию перренат-иона и селективному по отношению к рению;

- для извлечения меди рекомендован метод жидкостной экстракции с применением оксимов (экстрагенты марки LIX), устойчивых в сильнощелочной среде и обладающих селективностью по отношению к медно-аммиачным комплексам. Определены условия экстракционного извлечения и концентрирования меди;

- сформированы основные этапы комплексной переработки аммиачных растворов выщелачивания некондиционных медных концентратов с получением соединений рения, меди и серебра, оборотом раствора сульфата аммония и получением попутной продукции широкого спектра назначения: сульфата аммония, востребованного в металлургии и отраслях химической технологии и сельском хозяйстве.

Замечания по содержанию работы

При анализе диссертационной работы А.С. Игнатович возникли следующие вопросы и замечания:

1. В главе 1 акцент сделан на анализе рынка меди и рения и их источниках. Автору следовало бы акцентировать свое внимание на обзоре методов извлечения этих элементов из различных объектов, выявить проблемы и таким образом перейти к предлагаемым решениям.

2. Почему для анализа меди в растворах использовали рентгенофлуоресцентный метод? Как правило этот метод используется для анализа твердых проб. Судя по составу исследуемых растворов достаточными, были бы простые методы фотометрии или титрования.

3. Начиная изучение равновесия сорбции рения, автор, с практической точки зрения, правильно обозначает, что это «...позволяет получить технологические параметры процесса сорбции, применимые для расчета основных характеристик ионообменного оборудования». И это действительно правильная практическая цель. Но дальше при обработке изотерм сорбции автор «скатывается» к «голой» теории и заключает, что «изотерма сорбции ...описывается уравнением Лэнгмюра». Что автор, с практической точки зрения, собирается делать с этим выводом?

4. Выражение в выводах к разделу 3.2 «...доказано протекание процесса поглощения перренат-ионов путем ионного обмена с противоионами нейтрализующими заряд протонированных функциональных групп сорбента.» требует пояснения. Как и какие функциональные группы сорбента могут быть протонированы в щелочной среде?

5. В разделе 3.2 часто встречается неудачное выражение «...форма изотермы...позволяет снизить содержание рения в растворах после сорбции до минимального значения...».

6. В начале раздела 3.3 автор предваряет «Основная задача теории кинетики сорбции сводится к выяснению роли различных факторов в ионообменном процессе для того, чтобы в конечном итоге подойти к практическому расчету сорбционных установок промышленного назначения и определить пути повышения их эффективности». В заключении к разделу делается вывод в одном предложении, что по величинам коэффициентов диффузии может идти речь о гелевом механизме диффузии в сорбенте. Что автор, с практической точки зрения, рекомендует делать с полученными результатами?

7. Из данных, представленных в главе 4 не ясно, при каких параметрах проводится операция рекстракции. Как достигается насыщение водной фазы до 125 г/дм^3 по меди?

8. Рисунок 32. Сорбция перренат-ионов проводится из раствора с содержанием ионов NH_3 $97,61 \text{ г/дм}^3$, а десорбция проводится раствором с содержанием ионов NH_3 около 35 г/дм^3 ? Что, в таком случае, является движущей силой десорбции рения из анионита?

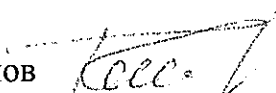
Следует отметить, что указанные замечания не снижают уровень и ценность диссертационной работы.

Заключение

С учетом актуальности выбранного направления, научной обоснованности, оригинальности и новизны технических разработок, а так же их значения для создания технологии комплексной переработки некондиционных концентратов с попутным извлечением цветных и редких металлов можно сделать вывод, что диссертация «Извлечение меди и рения из растворов аммиачного выщелачивания медных некондиционных концентратов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор – Игнатович Александр Сергеевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Отзыв на диссертацию Игнатович Александра Сергеевича, обсужден и утвержден на заседании кафедры Редких металлов и наноматериалов ФТИ УрФУ, протокол от 02.12.2021 г., № 6.

Председатель заседания,
д-р. хим. наук, профессор,
заведующий кафедрой
редких металлов и наноматериалов



Рычков Владимир Николаевич

Секретарь заседания,
канд. техн. наук,
ассистент кафедры
редких металлов и наноматериалов



Титова Светлана Михайловна

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

Почтовый адрес: 620002, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Мира, 19

тел.: +7 (343) 375-45-07

e-mail: rector@urfu.ru