

ОТЗЫВ

официального оппонента Бобоева Икромджона Рахмоновича на диссертационную работу Рахимзода Хаёта Шифокула на тему «Разработка эффективной технологии производства сурьмы из сурьмяно-сульфидных концентратов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.00 – Химическая технология (05.17.01 – Технология неорганических веществ)

Основным производителем сурьмы, обеспечивающим 43 % мирового спроса (по итогам 2023 года) остается Китай, который в последние годы ограничивает экспорт данного сырья из-за сокращения объема добычи, и во избежание использования сырья двойного назначения (для военной промышленности). Впоследствии это привело почти к двукратному увеличению его цены на мировом рынке в течение 2024 года. США и другие страны, использующие сурьму для военной промышленности, уязвимы от поставок сурьмы из-за решений Китая. В настоящее время вероятность перебоев в поставках сурьмы значительно возросла, что вынуждает таких крупных игроков как США и Европейские страны ускоренно организовывать безопасные цепочки поставок из некитайских источников, в том числе из Таджикистана. Уязвимость США и Европы, в частности, к рискам, связанным с поставками сурьмы, побудила их серьезно рассмотреть этот вопрос. В этом смысле США и Европейская комиссия провели серию оценок, в ходе которых сурьма была отнесена к критическому сырью (CRM). Европейский союз (ЕС) сильно зависит от импорта Sb. И эта зависимость связана с нехваткой первичных Sb руд в Европе. Основным поставщиком сурьмы в европейские страны является именно Таджикистан. Кроме того, по данным геологической службы США Таджикистан по производству сурьмы в последние годы, занимает второе место в мире производя по итогам 2023 года 21 тыс. тонн металла.

Таджикистан богат сурьмяными запасами, расположенными в центральной, по геологическому строению, части Республики. Эти руды относятся к сульфидным сурьмяным и комплексно сульфидно сурьмяно-золотым рудам. Крупнейшими месторождениями сурьмы являются Джиджикрут, Кончоч и Скальное, а также ряд менее крупных, таких как Чулбои, Шахкон и другие.

В настоящее время основной сырьевой базой для производства сурьмы являются руды месторождений Джиджикрут, Кончоч и Скальное, которые подвергаются обогащению на базе ООО ТА СП «Анзоб» и Талко ГОЛД. Получаемые концентраты в основном поступают на Metallургический комбинат «Анзоб», где применяется пирометаллургический метод ввиду того, что в концентратах сурьма превышает 25 %. Хотя этот метод в основном применяется в промышленности, к сожалению, он требует огромного потребления энергии и создает серьезные экологические проблемы, связанные с загрязнением SO_2 и тяжелыми металлами: образованием мышьяково-щелочных остатков. Поэтому, с экологической точки зрения, данная диссертационная работа, направленная на разработку комбинированной, технологии включающей предварительное кондиционирование концентрата методом механоактивации со спеканием огарка солями хлора с последующим выщелачиванием и электролизом, является **актуальным**.

Новизна исследований выполненных исследований с точки зрения оппонента заключается в следующем:

1. Установлен эффект роста степени превращения антимонита в хлоридное соединение при предварительной механоактивации, обусловленный тем, что под воздействием механической силы физическое состояние потенциальной энергии частицы антимонита обрабатываемого концентрата меняется, что улучшает реакционную способность его при последующем хлорирующем обжиге.

2. Автором на основе термодинамических расчетов и анализов установлено причинно-следственная связь между вероятностью образования легкорастворимого соединения сурьмы (III) при наличии солей хлора с антимонитом в окислительной атмосфере проявляющаяся в том, что при теоретически и экспериментально установленном диапазоне температур 450-500 °С образуются соединения хлорида сурьмы (III), которые подвержены легкому растворению в кислых растворах.

3. Термодинамическими расчетами подтверждена стабильность хлорида натрия при температуре ниже 1040° С, заключающаяся в том, что при хлорирующем обжиге в диапазоне температур 450-500° С происходит целенаправленное его использование в реакции образования хлорида сурьмы (III) в атмосфере кислорода со значительно меньшей потерей с отходящими газами по сравнению с традиционными способами пирометаллургии (хлоридовозгонка).

Практическая значимость диссертационной работы заключается в разработке комбинированного способа получения сурьмы из концентрата путем предварительного кондиционирования методом механоактивации при продолжительности 3,5-4,5 мин, хлорирующий обжиг активированного концентрата в определенном соотношении с солями хлора при температуре 450-500 °С, и кислотное выщелачивание огарка с последующим электролизом и получением катодной сурьмы. При этом извлечение сурьмы составляет 82-85 %.

Предложенная технология защищена патентом и по результатам имеется несколько актов намерения о внедрении технологии.

Теоретические и практические положения на основе которых разработаны технологические решения научно обоснованы и их совокупность квалифицируется как научно-технологическое достижение в производстве цветных металлов при металлургии сурьмы.

Достоверность научных положений основывается на результатах исследований большого количества экспериментальных данных, полученных с применением самой современной аппаратуры, методов и методик исследований.

Особо следует отметить логику построения работы и взаимосвязь решаемых задач, вытекающих друг из друга. Это обеспечивается убедительностью и последовательностью результатов и внутреннее структурное единство работы.

Диссертация написана научным языком, хорошо иллюстрирована и оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к диссертационным работам. Автореферат в полной мере отражает основное содержание диссертации.

Достоверность выводов и заключений подтверждается 37 публикациями, в том числе: 11 статьями в журналах, рекомендованных ВАК РТ, 22 тезисами и докладами в сборниках материалов Республиканских и Международных конференций и 3 патентами РТ.

Работа выполнена на очень высоком технологическом уровне и имеет значение для науки. Несмотря на очевидные достоинства диссертации, следует отметить следующие замечания:

1. В раздел 1.2 литературного обзора диссертации приведена подробная информация о добыче сурьмяных руд, спросе и предложении, и сведения о форме нахождения самой сурьмы в природе, что не имеет ничего общего с названием раздела, которое должно было быть посвящено состоянию технологии извлечения сурьмы из антимонитовой руды или концентратов. В целом такая ситуация по всем разделам литературного обзора, где отсутствует обсуждение технологии, которое должно было быть завершено обоснованием выбора направлений исследований.

2. Стр. 64. диссертации (предпоследний абзац) не говорится об условиях щелочного выщелачивания. Неясно, при какой концентрации или рН среды (если попадает в измеряемом рН среды диапазоне) проводилось щелочное выщелачивание. Вообще существует щелочно-сульфидное выщелачивание, а не щелочное! Не отрицаю тот факт, что щелочь тоже растворяет антимонит, но его кинетика слишком медленная. Поэтому основным растворителем является Na_2S (которого вы не водите). А щелочь вводят, чтобы в большей степени избежать гидролиза Na_2S .

3. Стр. 65 диссертации. Активированный концентрат подвергается щелочному выщелачиванию. При обобщении, автором допускается, что низкая степень извлечения сурьмы при небольших продолжительностях предварительной механоактивации связана с внешнедиффузионным характером протекания реакции. Неясно то, каким образом при увеличении продолжительности механоактивации, диссертант полагает, что появляется внутренняя диффузию. Увеличением продолжительности механоактивации должно убрать именно внутри диффузионный слой, а не наоборот образовывать.

4. Из диссертации неясно, с чем связано разные уровни извлечения (82, 83,2 и 85%) при выщелачивании сернистой кислотой и разное ведение уровня данного значения, отличающиеся от графика 4.4.

5. В целом по работе имеются ряд общих вопросов, которые, по мнению оппонента, требуют пояснения. 1) Мельницы, работающие в таком режиме для механоактивации, малопродуктивны, что приводят к значительному сокращению объема производства. Отсюда возникает вопрос о готовности производства пойти на такие изменения. 2) Сама предлагаемая вами технологическая цепочка энергозатратна. При этом извлечение ввиду того, что вы концентрат перерабатываете, не является высоким. На ваш взгляд, с чем связана такая потеря на уровне 15-18 % на стадии лабораторных исследований и не является ли высоким?

6. По работе имеются много грамматических и стилистических ошибок. Также практически по всей диссертации пропущено слово РУД в предложении «сульфидно-сурьмяные концентраты месторождения Джижикрут». Автор очень часто сам на себя ссылается. Хотя все его опубликованные работы описаны в диссертации. Каждый раздел диссертации заканчивается заключениями и в конце также имеется общее заключение. Целесообразно было бы главы заканчивать выводами. Также в работе местами встречаются опечатки в размерностях показателей.

Сделанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общее высокое качество диссертационной работы.

Закключение. В целом кандидатская диссертация Рахимзода Х.Ш. является хорошей законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно-обоснованные решения по разработке эффективной технологии производства сурьмы из сурьмяно-сульфидных концентратов.

Диссертационная работа по своему содержанию, научной новизне и практической значимости отвечает требованиям ВАК РТ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Рахимзода Х.Ш. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.00 – Химическая технология (05.17.01 – Технология неорганических веществ).

Кандидат технических наук, доцент
кафедры «Энергоэффективные и
ресурсосберегающие технологии»
ДФ НИТУ «МИСИС»

И.Р. Бобоев

Подпись доцент кафедры «Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии», Бобоева Икромджона Рахмоновича заверяю:

Начальник ОК



М.А. Зарипова

Полное наименование организации, являющейся основным местом работы официального оппонента: Филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» в г. Душанбе.

Адрес: 734042, Таджикистан, г. Душанбе, р-ш Шохмансур, ул. Назаршоева 7.
E-mail: boboevi@misis.ru
Тел.: (+992 37) 222-2011