

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу

**Насымова Голибшо Тагдировича**

на тему: «Кинетика азотнокислотного выщелачивания свинца из галенитсодержащих полиметаллических концентратов месторождения

Кони Мансур», представленной на соискание ученой степени

кандидата технических наук по специальности

**02.00.04 – физическая химия**

**Актуальность темы.** Последние годы в Таджикистане в рамках программы ускоренного развития промышленности быстрыми темпами развивается горнорудная отрасль. Особое внимание уделяется переработке минерального сырья и извлечению золота, серебра, свинца, алюминия и других металлов, имеющих для страны большое стратегическое значение. Горнорудная промышленность перерабатывает, в основном, сырье местных месторождений, которыми богат край. К числу наиболее перспективных относится и свинцово-цинковое месторождение «Кони Мансур», имеющее более **15 млн. т. запасов руды.**

Общеизвестно, что свинец и цинк являются металлами, наиболее широко используемыми в различных областях промышленности. Кроме того, применение руды месторождения «Кони Мансур» позволит экспортировать эти два металла, и, соответственно, наладить их производство в стране, внесёт ощутимый вклад в развитие отраслей горнорудной промышленности, а также экономики Таджикистана.

Необходимо отметить, что быстрое развитие горнорудной промышленности и переработка свинцово-цинкового концентрата из местной руды будут возможными, если процесс основан на научно обоснованных, эффективных, дешевых и экологически чистых технологиях. Разработанные технологии должны предусматривать комплексное извлечение основных компонентов минерального сырья.

На сегодняшний день, к сожалению, эффективные технологии переработки руды месторождения «Кони Мансур» ещё не разработаны. Поэтому, перед соискателем была поставлена цель провести научные исследования по разработке гидрометаллургического способа выщелачивания свинцово-цинкового концентрата азотной кислотой. Выбор связан также с малой энергоёмкостью предлагаемого способа.

Научные изыскания в этом направлении, без сомнения, станут возможными только при наличии всесторонних результатов изучения кинетических параметров и механизма химического процесса. Исходя из перечисленного, считаю, что разработка эффективных технологий извлечения свинца из концентрата на основе исследования кинетики выщелачивания, определение комплексного влияния параметров процесса на скорость извлечения свинца являются актуальными. Такие исследования дают возможность выявить безотходные технологии для переработки галенитсодержащих концентратов с малой энергоёмкостью. Соискателем проведены всесторонние исследования по изучению кинетики азотнокислотного выщелачивания галенитсодержащего концентрата в широком диапазоне изменения параметров, определению механизма реакции и моделированию технологических процессов.

При выполнении работы Насымовым Г.Т. решены **следующие задачи:**

- проведен анализ современного состояния технологий извлечения свинца из галенитсодержащего концентрата;

- исследована кинетика азотнокислотного выщелачивания галенитсодержащего концентрата в широких пределах изменения концентрации кислоты, температуры и продолжительности процесса;

- определены механизмы и области протекания реакции выщелачивания концентратов;

- моделированы процессы азотнокислотного выщелачивания концентрата для оптимизации промышленных параметров его гидрометаллургической переработки. Соискатель в своих экспериментах использовал галенитсодержащие концентраты из месторождений «Кони Мансур» (Республика Таджикистан) и Баля (Республика Турция). Переменными параметрами систем являются температура, концентрация азотной кислоты, размеры частиц концентрата и время выщелачивания концентрата раствором кислоты. Кинетические исследования проведены при заданных температурах на лабораторной установке с автоматическим регулированием времени и скорости перемешивания кислоты с концентратом.

Выполнены большой объем экспериментов по определению химических, минералогических и гранулометрических составов галенитсодержащих концентратов, степени извлечения свинца из концентрата, фазового и минералогического составов продуктов выщелачивания галенита, скорости выщелачивания и механизма протекания реакции с определением областей протекания в системе «твердый концентрат - раствор кислоты». Последовательно выполненные эксперименты позволили определить наиболее оптимальные кинетические параметры реакции выщелачивания галенита. На их основе разработаны эффективные технологии извлечения галенита из концентратов, которые имеют малые затраты, соответственно, конечный продукт будет более дешевым. Результаты исследования концентрата месторождения «Кони Мансур» очень удачно сравнены с данными изучения концентратов месторождения Баля, определены различия и общность механизмов их переработки. Выявлено, что в обоих случаях реакция протекает в кинетической области по механизму поверхностного сокращения объема частиц.

**Научная новизна работы:**

- выявлено, что процесс выщелачивания свинца из полиметаллических концентратов наиболее чувствителен к температуре, повышение которой приводит к увеличению степени выщелачивания свинца при всех концентрациях раствора азотной кислоты;
- установлено, что для концентрата «Кони Мансур» оптимальными параметрами являются: температура 55 °С, концентрация кислоты 3.0 М и время выщелачивания 70 минут; концентрата Баля - температура 45 °С, концентрация кислоты 2.0 М и время выщелачивания 50 минут;
- выявлено, что процесс извлечения свинца из концентрата протекает по механизму сокращающегося ядра, извлечение свинца из концентрата «Кони Мансур» протекает в кинетической области с энергией активации 46.778 кДж/моль;
- показано, что при пониженных температурах (25-45 °С) скорость извлечения свинца лимитируется внутридиффузионным торможением проникновения раствора кислоты в поры частиц концентрата с энергией активации 12.392 кДж/моль;
- установлено, что интенсивность и степень действия параметров на извлечение свинца из концентрата «Кони Мансур», определенных моделированием с помощью применения полнофакториального дизайна (Full Factorial Design) с использованием статистического программного обеспечения MINITAB-15.0 составляют для: температуры—42.8 %, концентрации кислоты—31.9 % и времени—15.5 %. Для концентрата месторождения Баля степень воздействия температуры составила 27.8 %, концентрации кислоты—39.4 % и времени—25.7 %.

#### **Практическая значимость работы:**

1. разработана селективная технология получения свинца из галенитсодержащих полиметаллических концентратов с оптимальными параметрами режима выщелачивания азотной кислотой;

2. предложена технология азотнокислотного выщелачивания свинца из концентрата, которая является легко осуществимой в промышленности и требует минимальных энергетических затрат;

3. результаты данной диссертационной работы могут быть использованы специалистами различного профиля горноперерабатывающей отрасли промышленности, а также научными исследователями, студентами различных Вузов.

Результаты работы обсуждались на международных и республиканских конференциях различного уровня, опубликовано 7 статей в журналах, рекомендованных ВАК Российской Федерации, всего 17 публикаций.

**Объем и структура диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, выводов, списка литературы, включающего 122 наименований, изложена на 107 страницах текста компьютерного набора, включает 13 таблиц и 44 рисунка.

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель, задачи, научная и практическая значимость исследования.

**В первой главе** приведены общие сведения о свинцовом месторождении «Кони Мансур» (Республика Таджикистан) и анализ известных способов его извлечения. На основе анализа литературных данных сделан вывод о перспективности проведения исследования гидрOMETаллургического способа выщелачивания галенитсодержащих концентратов раствором азотной кислоты.

**Вторая глава** посвящена методам исследования и приготовления образцов для проведения химических, минералогических и микроструктурных анализов. Приведены результаты химического и минералогического составов концентратов, указаны наименования используемых для исследования составов и свойств концентратов, а также продуктов их выщелачивания. Приведены современные измерительные приборы и оборудование: диффрактометр для

рентгенного флуоресцентного анализа, растровый электронный микроскоп, пламенно-атомный абсорбционный спектрометр, использованные при выполнении работы.

**В третьей главе** изучена кинетика процессов выщелачивания свинца при варьировании температуры, концентрации кислоты и времени переработки концентрата раствором азотной кислоты. Первоначально исследовано воздействие температуры, а затем влияние концентрации кислоты на степень выщелачивания концентрата. Получены результаты анализов состава твердого остатка концентрата. Определены оптимальные параметры осуществления процесса выщелачивания (температура, концентрация кислоты, продолжительность) для обоих видов концентрата.

Выявлен механизм протекания процесса выщелачивания, найдены его кинетические уравнения, определены область протекания реакции при разных параметрах процесса. Вычислены значения константы скорости и определены величины энергии активации азотнокислотного выщелачивания концентрата. Процесс выщелачивания галенитсодержащего сырья при оптимальных параметрах процесса протекает в кинетической области с энергией активации 46.778 кДж/моль для концентрата «Кони Мансур» и 36.23 кДж/моль концентрата месторождения «Баля».

**В четвертой главе** проведены результаты статистического анализа данных экспериментов по выщелачиванию свинца с использованием уравнений линейной регрессии. Определены доля влияния каждого параметра в осуществлении процесса выщелачивания концентратов. Показано, что для концентрата «Кони Мансур» доля влияния температуры составляет 42.8 %, концентрации -31.9%, время выщелачивания-15.5 %, а концентрата «Баля», соответственно, 27.9; 39.4 и 25.7 %.

В опубликованных работах изложены основные результаты исследования. Выводы полностью отражают суть научной новизны проведенных исследований.

Тема диссертационной работы Насымова Г.Т. соответствует паспорту специальности 02.00.04 - физическая химия, включающий скорость химических превращений при различных внешних условиях (скорость процесса выщелачивания галенита из концентрата в зависимости от температуры, концентрационных параметров основных компонентов, продолжительности процесса и размеров частиц образцов); количественные взаимодействия между химическим составом вещества и его свойствами (определение влияния температуры, времени и минералогического состава на степень извлечения свинца); учение о химической кинетики (определение механизма и эффективности реакции процесса азотнокислотного выщелачивания галенитсодержащего концентрата). Выявлены следующие соответствия по пунктам: п. 3. граница раздела фаз и формирования активных центров на поверхностях (протекание химической реакции между азотной кислотой и минералами на поверхности частиц концентрата, глава 3.1 и 3.2; влияние границы раздела жидкой и твердой фазы на механизм процесса выщелачивания, глава 3.4); п. 4. межмолекулярные и межчастичные взаимодействия (процесс выщелачивания галенитсодержащего концентрата азотной кислотой, глава 2); п. 7. механизмы сложных химических процессов (протекание процесса выщелачивания концентрата по механизму сокращающегося ядра, глава 3.4); п. 10. связь реакционной способности реагентов с условиями осуществления химической реакции (зависимость кинетических параметров реакции от температуры, концентрации азотной кислоты и продолжительности процесса); п. 11. физико-химические основы процессов химической технологии (статистическое и математическое моделирование технологии

воздействия параметров выщелачивания на степень извлечения свинца, глава 4.1-4.3).

Диссертационная работа Насымова Г.Т. представляет собой завершённое научное исследование и выполнено на высоком уровне с использованием современных методов исследования. Её результаты могут найти практическое применение при переработке концентрата месторождения «Кони Мансур». Вместе с тем, при чтении диссертации и автореферата возникли некоторые замечания и вопросы.

1. В обзоре приводятся данные других исследователей по биовыщелачиванию, которые обеспечивают циклический и безотходный процесс (стр. 8). В автореферате этот вопрос с данными соискателя не обсужден. Почему? Хотя в диссертационной работе и автореферате говорится, что соискателем разработана безотходная технология переработки использованных концентратов.
2. В работе для определения интенсивности и степени воздействия выбранных параметров впервые использован достаточно трудоемкий полный факториальный дизайн. Повышение температуры всегда сопровождается резким увеличением степени выщелачивания свинца. Почему, полученные при этом значения для температуры, концентрации и продолжительности процесса, соответственно, 42,8; 31,9 и 15,5 % очень низкие?
3. В диссертационной работе подробно обсуждены результаты кинетических исследований процесса выщелачивания свинца, в автореферате всего одно кинетическое уравнение, почему?
4. В работе подробно описываются и обсуждаются новейшие методы статистической обработки экспериментальных данных, но в таблицах не приводится их достоверность.
5. В диссертационной работе и автореферате имеются технические и грамматические ошибки.

Однако, приведённые замечания не влияют на теоретическую и практическую ценность работы. Диссертационная работа Насымова Голибшо Тагдировича «Кинетика азотнокислотного выщелачивания свинца из галенитсодержащих полиметаллических концентратов месторождения «Кони Мансур» по объёму, содержанию, актуальности, новизне и практической значимости соответствует всем критериям пунктов 9 - 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 02.00.04-физическая химия.

Д.х.н., профессор, профессор  
кафедры физической и коллоидной химии Таджикского  
национального университета



 Рахимова Мубаширхон

Подпись профессора кафедры физической и коллоидной химии химического факультета,  
д.х.н. Рахимовой Мубаширхон **заверяю:**

Начальник управления кадров  
и спец. части Таджикского  
национального университета



 Тавкиев Эмомали.

Таджикский национальный университет, химический факультет,  
кафедра физической и коллоидной химии  
734025, г. Душанбе, пр. Рудаки, 17  
Тел: (+992) 918 76 90 70  
E-mail: muboshira09@mail.ru