

## ОТЗЫВ

официального оппонента Мирзозоды Баходура на диссертационную работу Баротзоды Бахтиёра Бурхона (Баротова Бахтиёра Бурхоновича) на тему: «Технологические основы переработки урансодержащих материалов из местных сырьевых материалов Таджикистана», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.17.00 – Химическая технология (05.17.01 – Технология неорганических веществ).

Современная стратегия развития химической технологии Республики Таджикистан ориентирована на глубокую переработку минерального сырья и снижение техногенной нагрузки на окружающую среду. В этой связи диссертационное исследование Баротзоды Бахтиёра Бурхона (Баротова Бахтиёра Бурхоновича) представляет собой своевременную научную работу, направленную на разработку эффективных методов переработки урансодержащих руд и техногенных отходов, накопленных на территории страны.

Автором выполнено фундаментальное исследование, сочетающее теоретические, экспериментальные и инженерные решения, направленные на оптимизацию технологических процессов и получение товарного уранового концентрата из низкосортного сырья. Исследование выполнено на высоком научно-методическом уровне, отличается комплексным подходом и сочетает теоретическое моделирование, экспериментальные исследования и прикладную реализацию.

**Соответствие темы диссертации паспорту научной специальности.** Представленная работа полностью соответствует паспорту научной специальности 05.17.01 – Технология неорганических веществ (отрасль науки – техническая) по пунктам 1, 2 и 4:

- п.1 – производственные процессы получения неорганических продуктов (в исследовании разработаны технологии получения урановых концентратов и сорбентов);

- п.2 – технологические процессы изменения состава, состояния и свойств сырья (в работе изучены закономерности выщелачивания урана серноокислотным и щелочным методами);

- п.4 – способы расчёта, проектирования и управления технологическими процессами (определены кинетические и термодинамические параметры, предложены оптимальные режимы переработки).

Тема диссертации направлена на разработку технологических схем переработки неорганического сырья, изучение закономерностей протекания физико-химических процессов и определение оптимальных условий для получения целевых продуктов. Тематика исследования полностью отражает специфику химико-технологических дисциплин и решает прикладные задачи переработки минеральных ресурсов Таджикистана.

Таким образом, тематика исследования соответствует профилю химико-технологической науки и направлению «Технология неорганических веществ».

**Актуальность темы исследования.** В последние годы вопросы переработки урансодержащего сырья вновь приобрели особую актуальность в связи с растущими потребностями в стратегических материалах и необходимостью безопасного обращения с радиоактивными отходами. В Таджикистане имеются значительные количества урановые месторождения, которые можно переработать, а также сосредоточено более 55 миллионов тонн отходов уранодобычи, требующих научно обоснованных методов переработки.

Работа Баротзоды Б.Б. направлена на поиск технологических решений, которые позволят переработать урансодержащие руды Таджикистана, а также применить использовать эти отходы в качестве вторичного сырья, одновременно обеспечивая экологическую безопасность. Исследование имеет стратегическую значимость для промышленности и охраны окружающей среды республики.

**Степень научной новизны результатов диссертации и положения, выносимые на защиту.**

Научная новизна диссертации заключается в разработке и обосновании новых подходов к переработке урансодержащих материалов. Автором:

- впервые исследованы кинетические закономерности выщелачивания урана в присутствии комплексообразующих реагентов;
- разработаны усовершенствованные схемы сернокислотного и щелочного выщелачивания урановых руд;
- получены количественные зависимости между параметрами процесса (рН, температура, соотношение Т:Ж) и степенью извлечения урана;
- предложена технологическая схема извлечения урана с использованием местных природных сорбентов;
- разработаны рекомендации по инженерному проектированию оборудования для переработки урановых концентратов.

Эти положения демонстрируют высокий уровень самостоятельности автора и инженерную глубину его научного подхода.

Положения, выносимые на защиту:

- результаты минералогического и химического анализа урановых залежей месторождений «Северный Таджикистан», «Центральный Таджикистан», «Западный Таджикистан», «Северный Таджикистан – 2» и «Восточный Памир», а также сведения об их физико-химических свойствах, полученные методами рентгенофазового анализа, дифференциального термического анализа и альфа- и гамма-спектрометрии;
- определённые химико-минералогические параметры урансодержащих отходов, накопленных в хвостохранилищах Таджикистана;
- материалы исследования процессов разложения руд урановых месторождений «Северный Таджикистан», «Центральный Таджикистан», «Западный Таджикистан», «Северный Таджикистан – 2» и «Восточный Памир», а также отходов хвостохранилищ Адрасман и города Бустон, с выявлением оптимальных условий протекания этих процессов;

- сведения о процессах выщелачивания урановых руд с использованием окислителей и анализ влияния уровня рН раствора и присутствия окислительных агентов на эффективность извлечения урана;
- энергетические и кинетические характеристики разложения урансодержащих руд и отходов при воздействии серной кислоты;
- разработанные усовершенствованные схемы переработки уранового сырья, добываемого на месторождениях «Северный Таджикистан», «Центральный Таджикистан», «Западный Таджикистан», «Северный Таджикистан – 2» и «Восточный Памир», а также переработки отходов хвостохранилищ Адрасман и города Бустон;
- предложенные эффективные подходы к извлечению урана из технических и шахтных вод, а также разработанные меры по устранению экологических проблем, возникающих в результате деятельности уранодобывающей промышленности.

#### **Степень изученности научной темы**

В отечественной и зарубежной литературе вопрос переработки урансодержащих материалов из местных источников освещён недостаточно. До проведения данной работы отсутствовали системные исследования по применению природных сорбентов и интегрированных технологических схем для переработки урановых отходов Таджикистана. Исследование Баротзоды Б.Б. восполняет этот пробел и создаёт основу для дальнейших научных разработок в данной области.

#### **Структура и объем диссертации**

Диссертация Баротзоды Б.Б. изложена на 395 страницах, содержит 91 таблицу, 129 рисунков и 301 источник литературы. Работа логично структурирована и включает введение, шесть глав, выводы и приложения.

**Во введении** подробно обоснована актуальность выбранной темы, основанная на необходимости разработки современных технологий переработки урансодержащего сырья в условиях Таджикистана. Автор показывает, что значительная часть запасов урана сосредоточена в труднообогатимых и техногенных источниках, переработка которых требует новых подходов, учитывающих как технологические, так и экологические факторы.

Сформулированы цель и задачи исследования, определены объект и предмет работы, обозначены научная новизна и практическая значимость. Подчёркнута роль диссертационного исследования в решении задач ресурсосбережения, повышения эффективности переработки минеральных ресурсов и обеспечения радиационной безопасности. Автор также обосновывает связь темы с государственными и отраслевыми научными программами, указывая, что результаты работы могут быть применены в национальной энергетической и экологической политике.

**Первая глава** представляет собой обстоятельный литературный обзор по современному состоянию вопроса переработки урансодержащих материалов. Рассмотрены геолого-промышленные характеристики урановых месторождений Республики Таджикистан, особенности состава и структуры

руд, типы урановых минералов. Проанализированы мировые и отечественные подходы к выщелачиванию урана, а также методы переработки урановых отходов. Дана критическая оценка существующих технологий и обоснована необходимость их совершенствования

**Первая глава** посвящена всестороннему анализу современного состояния технологии переработки урансодержащих руд и отходов. Автор рассматривает минерально-сырьевую базу Таджикистана, классификацию урановых минералов, особенности их строения и химического состава. Приведён обзор мировых подходов к переработке урана и дан сравнительный анализ гидрометаллургических, сорбционных и комбинированных методов. Особое внимание уделено геолого-технологическим особенностям месторождений Таджикистана, где концентрируются основные ресурсы.

**Во второй главе** детально изложены методы и методики исследования, включая химический, радиометрический, рентгенофазовый, спектральный и термический анализ. Автор описывает используемое оборудование, принципы отбора и подготовки проб, технику безопасности и радиационный контроль. Приведены схемы лабораторных установок, методика определения кинетических параметров выщелачивания и расчёты термодинамических характеристик реакций. Глава демонстрирует высокий уровень методологической проработанности экспериментов и точность полученных данных.

**Третья глава** посвящена изучению физико-химических закономерностей процессов кислотного и щелочного выщелачивания урана из различных типов руд. Рассмотрено влияние температуры, времени, концентрации реагентов, степени измельчения сырья и состава газовой фазы. Проведён анализ механизмов растворения урановых минералов и определены оптимальные параметры процесса для максимального извлечения урана. Представлены кинетические уравнения, построены зависимости скорости выщелачивания и рассчитаны энергии активации. Разработаны технологические схемы переработки урановой руды месторождений "Северный Таджикистан", "Центральный Таджикистан", "Западный Таджикистан", "Северный Таджикистан - 2" и "Восточный Памир", а также отходов хвостохранилища Адрасман и хвостохранилища города Бустон.

**Третья глава** содержит результаты изучения процессов кислотного и щелочного выщелачивания урана из руд месторождений "Северный Таджикистан", "Центральный Таджикистан", "Западный Таджикистан", "Северный Таджикистан - 2" и "Восточный Памир", а также отходов хвостохранилища Адрасман и хвостохранилища города Бустон. Рассмотрены механизмы растворения урановых минералов, влияние кислотности среды, температуры, времени и соотношения твёрдой и жидкой фаз. Автором установлены закономерности изменения степени извлечения урана и разработаны уравнения, описывающие кинетику процесса. Представлены расчёты энергий активации и построены графические зависимости, позволяющие оптимизировать параметры технологического процесса.

**В четвёртой главе** подробно рассмотрены процессы сорбционного извлечения урана из растворов и урансодержащих вод. Проведено сравнение сорбционной ёмкости ионитов, активированных углей и природных сорбентов. Определены изотермы адсорбции и рассчитаны константы равновесия. Автор предложил использование дешёвых местных сорбентов (в частности, модифицированных органических материалов) для очистки шахтных и дренажных вод, что имеет важное практическое значение.

**В четвёртой главе** исследованы сорбционные методы выделения урана из водных растворов и урансодержащих вод. Автор рассматривает возможности применения местных природных сорбентов, включая активированные угли, модифицированные минералы и органические материалы. Проведено сравнение сорбционной ёмкости, скорости и степени извлечения урана различными материалами. На основе полученных данных предложены практические рекомендации по выбору сорбентов для промышленного внедрения и схемы регенерации сорбентов. Как один из перспективных сорбентов для сорбции урана предлагается термообработанный уголь.

**Пятая глава** посвящена анализу радиационно-экологического состояния районов уранодобычи и переработки. Приведены результаты радиометрического обследования хвостохранилищ Дегмай и Табошар, дренажных вод и почв, дана оценка радиационных рисков. Автор обосновывает необходимость рекультивации территорий и демонстрирует возможности совмещения технологических и экологических процессов для снижения негативного воздействия.

**Шестая глава** обобщает результаты всех этапов исследования и содержит инженерно-технологические расчёты, подтверждающие эффективность предложенных схем. Автор рассматривает перспективы внедрения разработанных технологий в промышленную практику, экономические аспекты и влияние предложений на экологическую ситуацию в регионе. Представлены предложения по созданию малотоннажных установок для переработки урансодержащих отходов и меры по повышению радиационной безопасности.

**Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации.** Полученные результаты обладают как теоретической, так и практической значимостью. Разработанные технологические решения обеспечивают эффективную переработку урансодержащего сырья и высокую степень извлечения урана при снижении негативного влияния на окружающую среду. Практическая ценность исследования состоит в возможности использования предложенных методов в промышленности при восстановлении работы уранодобывающих предприятий и при рекультивации хвостохранилищ.

Представленные варианты выщелачивания, методы кислотного и щелочного разложения, а также проведённые термодинамические расчёты могут быть внедрены в технологические схемы переработки неорганических видов сырья. Разработанные локальные сорбенты подходят для удаления

радионуклидов из растворов, что делает их востребованными в химической и радиохимической промышленности. Разработанные подходы к радиационному мониторингу загрязнений и уровней радона, а также предложенные меры по снижению радиационных рисков могут использоваться в областях экологической безопасности и радиационной экологии

Работа имеет высокое прикладное значение: предложенные технологии обеспечивают переработку труднообогатимых урановых материалов и вовлечение техногенных отходов в производственный цикл. Это открывает возможности для создания малотоннажных ураноперерабатывающих комплексов и сокращения радиационных рисков.

**Публикация результатов исследования по теме диссертации.** Научные результаты, полученные в ходе диссертационного исследования, прошли обширную апробацию на различных научных площадках — от международных симпозиумов до республиканских конференций и отраслевых форумов. Такое широкое представление обеспечило активное обсуждение работы в научных кругах и подтвердило её актуальность, новизну и прикладное значение.

Доказательством научной состоятельности и оригинальности предложенных решений стала значительная публикационная активность автора: по материалам исследования опубликовано 63 научные работы, включая 2 монографии и 30 статей в профильных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Таджикистан. Кроме того, подготовлены и опубликованы 25 тезисов докладов, представленных на международных и республиканских научных конференциях. Практическая направленность исследования подтверждается получением восьми малых патентов Республики Таджикистан.

Количество и качество публикаций полностью соответствуют установленным нормативам, определённым документами, регламентирующими порядок присуждения учёных степеней, утверждёнными постановлением Правительства Республики Таджикистан

**Соответствие диссертации требованиям Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан.** Диссертация и её автореферат подготовлены в соответствии с требованиями Инструкции по порядку оформления диссертации и автореферата диссертации, утверждённой постановлением Президиума Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан от 27 декабря 2024 года, №493. Структура, оформление таблиц, иллюстраций и список литературы полностью соответствуют требованиям ВАК.

**Соответствие научной квалификации соискателя для получение ученой степени.** Научная квалификация соискателя Баротзоды Б.Б. соответствует требованиям к соискателю учёной степени доктора технических наук по специальности 05.17.01 – Технология неорганических веществ. Автор продемонстрировал глубокую теоретическую подготовку, уверенное владение современными физико-химическими методами анализа и способность решать

сложные научно-технические задачи, что подтверждает его сформировавшуюся научную компетентность и профессиональную зрелость.

**Диссертационное исследование Баротзоды Б.Б. поддерживается той точки зрения, что его работа представляет собой законченное самостоятельное исследование, в котором предложены новые, научно обоснованные подходы к решению актуальной задачи переработки урансодержащих материалов, имеющей существенное значение для промышленного развития и экологической безопасности Таджикистана.**

Автореферат диссертации соответствует требованиям Порядка присуждения ученых степеней, утвержденных постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года №267.

Вместе с тем при чтении диссертации и автореферата возникли пожелания, некоторые вопросы и замечания по работе:

1. Из обсуждения результатов не ясно насколько влияет минералогический и химический состав урансодержащих руд исследованных месторождений Таджикистана на эффективность извлечения урана.

2. Какие оптимизированные технологические схемы переработки руд являются специфическими для месторождений «Северный Таджикистан», «Центральный Таджикистан», «Западный Таджикистан», «Северный Таджикистан – 2» и «Восточный Памир»?

3. В пятой главе диссертации при выполнении исследования радиационной обстановке хвостохранилищ Дегмай и Истиклол нет заключения какой из них представляет наиболее значимое влияние на окружающую среду.

4. В работе проведены расчёты материального баланса процесса получения урана из руд, но не сказано были ли они использованы при расчёте стоимости этого процесса.

6. Было бы интересно узнать, чем обосновано применение термообработанного угля как сорбент для извлечения урана.

7. В рекомендациях по практическому применению результатов сказано, что разработанные схемы могут быть внедрены на гидрометаллургических заводах для повышения извлечения урана. Рассчитано ли рентабельность получения урана из месторождений Таджикистана на сегодняшний день?

Выявленные в процессе рецензирования замечания не оказывают существенного влияния на научную ценность и практическую значимость диссертационного исследования. Они не снижают актуальности работы и не умаляют качества полученных результатов. Диссертация выполнена на высоком научно-методическом уровне, отличается целостностью и логической завершённостью, а также содержит значимые научные выводы, имеющие как теоретическое, так и прикладное значение.

#### **Заключение по диссертации.**

На основе вышесказанного можно сделать заключение, что диссертация Баротзоды Бахтиёра Бурхона на тему: «Технологические основы переработки урансодержащих материалов из местных сырьевых материалов

Таджикистана», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.17.00 – Химическая технология (05.17.01 – Технология неорганических веществ) выполнена на высоком научно-методическом уровне, соответствует требованиям п. 31, 33, 34 и 35 Порядка присуждения учёных степеней, утверждённом Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года № 267, а его автор заслуживает присуждение учёной степени доктора технических наук по указанной специальности.

**Официальный оппонент:**

доктор технических наук,  
Старший научный сотрудник  
отдела науки, инноваций, международных  
связей и издательской деятельности Филиала  
Московского государственного университета  
имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе



Мирзозода Б.

Адрес: 734003, Республика Таджикистан, город Душанбе, улица Бохтар, 35/1,  
Тел.: +992 77 1775777, e-mail: [mirzoyev.1952@mail.ru](mailto:mirzoyev.1952@mail.ru)

Подпись д.т.н., Мирзозоды Б. подтверждаю,  
Начальник отдела кадровой политики  
и специальных работ Филиала  
Московского государственного  
университета имени  
М.В. Ломоносова в г. Душанбе



С.М. Пирназар

Дата: « 12 » декабря 2025 г.

Адрес: Республика Таджикистан, Филиал Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе, 734003, город Душанбе, улица Бохтар, 35/1. <https://msu.tj/ru>, Тел.: +992 (37) 221-99-41, e-mail: [info@msu.tj](mailto:info@msu.tj)