

## ОТЗЫВ

официального оппонента Гайбуллаевой Зумрат Хабибовны 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).

Одним из важнейших направлений устойчивого развития промышленности Республики Таджикистан является формирование современной научно-технологической базы в области переработки минерального сырья, включая радиоактивные материалы. В контексте необходимости рационального использования природных ресурсов и обеспечения экологической безопасности актуализируются исследования, направленные на разработку эффективных технологий переработки урансодержащих материалов.

Диссертационная работа Баротзоды Бахтиёра Бурхона (Баротова Бахтиёра Бурхоновича) посвящена решению этих актуальных задач и направлена на создание научных основ переработки урансодержащих руд и отходов различного происхождения, характерных для урановых объектов Таджикистана. 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 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 сернокислотным и щелочным методами).

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

Данная специальность предусматривает разработку новых технологий переработки неорганического сырья, изучение закономерностей химико-технологических процессов, а также создание эффективных схем переработки минеральных и техногенных материалов. Работа отражает специфику отрасли и направлена на решение задач переработки урановых руд и отходов, что соответствует профилю химико-технологических наук.

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

**Актуальность темы исследования.** Республика Таджикистан располагает значительными запасами уранового сырья, а также крупными хвостохранилищами радиоактивных отходов, накопленными в результате деятельности бывших уранодобывающих предприятий. В условиях роста мирового спроса на уран и необходимости ликвидации экологического ущерба вопросы эффективной переработки этих материалов приобретают первостепенное значение.

Исследование Баротзоды Б.Б. отличается высокой актуальностью, поскольку направлено на разработку физико-химических и технологических основ переработки урансодержащих руд и отходов с использованием местной сырьевой базы. В работе поставлены и решены задачи, имеющие стратегическое значение для национальной энергетической и экологической безопасности.

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

Научная новизна исследования заключается в комплексном подходе к изучению физико-химических закономерностей процессов выщелачивания, сорбции и переработки урансодержащих материалов. Автором впервые:

- выполнен термодинамический анализ и моделирование реакций кислотного и щелочного выщелачивания урана из руд различных геологических типов;
- экспериментально подтверждены механизмы извлечения урана при различных концентрациях реагентов и температурных условиях;
- предложены новые технологические схемы комплексной переработки урановых отходов с одновременным снижением радиационной нагрузки;
- установлены сорбционные характеристики природных и синтетических материалов местного происхождения;
- разработаны рекомендации по экологически безопасной переработке и утилизации радиоактивных материалов.

Эти положения отличаются высокой степенью оригинальности и подтверждены обширным экспериментальным материалом. Положения, выносимые на защиту:

- данные минералогического и химического анализа урановых залежей месторождений «Северный Таджикистан», «Центральный Таджикистан», «Западный Таджикистан», «Северный Таджикистан – 2» и «Восточный Памир», а также их физико-химические свойства, определённые с применением рентгенофазового анализа, дифференциального термического анализа, альфа- и гамма-спектрометрии;

- установленные химико-минералогические характеристики урансодержащих отходов, накопленных в хвостохранилищах Таджикистана;

- результаты исследования процессов разложения руд урановых месторождений «Северный Таджикистан», «Центральный Таджикистан», «Западный Таджикистан», «Северный Таджикистан – 2» и «Восточный Памир», а также отходов хвостохранилища Адрасман и хвостохранилища города Бустон, с установлением оптимальных параметров проведения данных процессов;

- данные по изучению процессов выщелачивания урановых руд с введением в процесс окислителей, а также анализ зависимости эффективности извлечения урана от уровня рН раствора в присутствии окислительных агентов;

- энергетические и кинетические параметры разложения урансодержащих руд и отходов в условиях сернокислотного воздействия;

- разработанные оптимизированные схемы технологий переработки уранового сырья, добываемого на месторождениях «Северный Таджикистан», «Центральный Таджикистан», «Западный Таджикистан», «Северный Таджикистан – 2» и «Восточный Памир», а также отходов хвостохранилищ Адрасман и города Бустон;

- предложенные эффективные методы извлечения урана из технических и шахтных вод, а также разработанные решения для устранения экологических проблем, связанных с уранодобывающей промышленностью.

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

До начала работы Баротзоды Б.Б. исследования по комплексной переработке урансодержащих материалов Таджикистана носили разрозненный характер. Отсутствовали систематизированные данные о физико-химических свойствах урановых руд местных месторождений и закономерностях их переработки. Проведённое исследование восполнило этот пробел, объединив подходы химической технологии, радиохимии и экологии в единую научную систему. В этом контексте работа Баротзоды Б.Б. заполнила важный пробел в развитии национальной научной школы ядерно-химической технологии.

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

Диссертационная работа Баротзоды Б.Б. изложена на 395 страницах, включает 91 таблицу, 129 иллюстраций, 301 источник литературы, состоит из введения, шести глав, выводов и приложений. Работа выполнена логично, последовательно и отличается высокой степенью структурной завершенности

**Во введении** дана подробная характеристика актуальности темы, обоснованы цель и задачи исследования, определены объект, предмет и методы работы. Отмечена связь диссертации с государственными научными программами и задачами экологической реабилитации урановых территорий Таджикистана. Автор подробно раскрывает научную новизну, практическую ценность и ожидаемые результаты исследования, обозначает границы решаемых проблем и формулирует направления применения разработанных технологий в промышленности и экологии

**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

**Во второй главе** изложены методы и методики исследования. Подробно описаны процедуры химического, минералогического и радиометрического анализа руд, концентратов и хвостов. Представлены характеристики использованных лабораторных установок, методики термодинамического расчёта и кинетического анализа. Значительное внимание уделено вопросам метрологического обеспечения, воспроизводимости результатов и экологической безопасности проведения экспериментов.

**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.

**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.

**Пятая глава** носит экологический характер и посвящена исследованию радиационного воздействия урановых производств на окружающую среду. Приведены результаты измерений гамма-фона, мощности доз, содержания тяжёлых металлов и радионуклидов в почвах и водах территорий хвостохранилищ Дегмай, Адрасман, Гафуров и Истиклол. На основе анализа данных предложены меры по снижению экологического риска и технологии рекультивации загрязнённых участков.

**Шестая глава** содержит обобщение результатов и формулировку основных выводов. Рассмотрены перспективы внедрения предложенных технологических схем, дана оценка экономической эффективности переработки урансодержащих отходов, а также рекомендации по дальнейшему развитию направления радиационно-химической переработки в

Таджикистане. Особое внимание уделено вопросам повышения безопасности и ресурсосбережения при работе с урановыми материалами.

**Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации.** Результаты исследования имеют фундаментальное и прикладное значение. Разработанные технологические схемы позволяют эффективно перерабатывать урансодержащие материалы, обеспечивая извлечение урана при минимальном воздействии на окружающую среду. Практическая ценность работы заключается в возможности промышленного внедрения разработанных методов при восстановлении уранодобывающих предприятий и рекультивации хвостохранилищ

Предложенные способы выщелачивания, кислотного и щелочного разложения, а также выполненные термодинамические расчёты могут быть интегрированы в технологические процессы, работающие с неорганическими видами сырья. Созданные локальные сорбенты пригодны для применения при очистке растворов от радионуклидов в химической и радиохимической промышленности. Разработанные методы радиационного мониторинга загрязнений и радонового фона, а также меры по снижению радиационных рисков в населённых пунктах могут использоваться в сфере экологической безопасности и радиационной экологии.

**Публикация результатов исследования по теме диссертации.** Научные результаты, полученные в ходе диссертационного исследования, были всесторонне апробированы на различных научных мероприятиях — от международных симпозиумов до республиканских конференций и профессиональных форумов. Это обеспечило их широкое обсуждение в научном сообществе и подтвердило актуальность, новизну и практическую значимость выполненной работы.

Подтверждением научной обоснованности и оригинальности предложенных подходов стала высокая публикационная активность автора. По итогам исследования опубликовано 63 научные работы, включая 2 монографии и 30 статей в специализированных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Таджикистан. Кроме того, подготовлены и представлены 25 тезисов докладов на международных и республиканских научных конференциях. Практическая ценность полученных результатов подтверждается получением восьми малых патентов Республики Таджикистан.

Объём и качество публикаций полностью соответствуют нормативным требованиям, установленным документами, регулирующими процедуру 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 показал высокий уровень теоретической подготовки, владение современными методами физико-химического анализа и умение решать сложные научно-технические задачи, что свидетельствует о его сформировавшейся научной школе и профессиональной зрелости.

**Диссертационное исследование Баротзоды Б.Б. поддерживается той точки зрения, что** его работа является завершённым самостоятельным исследованием, в котором получены новые, научно обоснованные решения актуальной проблемы переработки урансодержащих материалов, имеющих важное значение для промышленного и экологического развития 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 диссертации неясно, какие термодинамические модели использованы для оптимизации процессов разложения урансодержащего сырья.
2. Не указано, какие параметры (температура, концентрация кислоты, размер частиц) признаны наиболее значимыми в процессе выщелачивания исследованных урансодержащих руд.
3. В работе не рассмотрены преимущества предложенной технологии получения урановых концентратов из шахтных и дренажных вод.
4. В диссертации приведён химический состав урансодержащих руд отдельных месторождений Таджикистана, содержащих, помимо урана, другие полезные компоненты, включая редкоземельные элементы. Однако не указано, предусматривают ли предложенные технологии их извлечение наряду с ураном.
5. Пятая глава диссертации посвящена экологическим проблемам переработки урансодержащих руд, в частности состоянию хвостохранилищ Дегмай и Табошар, однако отсутствует информация о том, какое влияние предложенные технологические решения могли бы оказать на долгосрочную экологическую безопасность региона.
6. Представляло бы интерес указание ожидаемого экономического эффекта от переработки урансодержащих отходов.
7. Рекомендуются улучшить качество рисунков и графиков, представленных в работе.

Отмеченные в ходе рецензирования замечания не оказывают значимого влияния на научную ценность и практическую значимость представленной диссертации. Они не снижают её актуальности и не умаляют качества проведённого исследования. Работа выполнена на высоком научно-методическом уровне, характеризуется целостностью, логической завершённой и содержит существенные научные результаты, имеющие как теоретическое, так и прикладное значение.

### **Заключение по диссертации**

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,  
заведующий кафедрой «Технология  
производственных процессов» филиала  
Таджикского технического университета  
им. акад. М.С.Осими на ОАО «АЗОТ»



Гайбуллаева З.Х.

Адрес: Республика Таджикистан, 734003, Таджикистан, г. Душанбе ул.  
Зайнаббиви 1 проезд, №2, Тел.: + 992918672945, e-mail:  
[zumratihabib@rambler.ru](mailto:zumratihabib@rambler.ru)

Подпись д.т.н., Гайбуллаевой З.Х., заверяю.

Начальник ОК и СР Таджикского  
технического университета имени  
академика М.С. Осими

17.12.2025.



Кодирзода Н.Х.

Адрес: Республика Таджикистан, Таджикский технический университет им.  
акад. М.С. Осими, 734042, г. Душанбе, пр. акад. Раджабовых - 10.  
<https://web.ttu.tj/ru>, Тел.: +992 322225481, +992 322222253, e-mail: [ttu@ttu.tj](mailto:ttu@ttu.tj)