

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Мирсаидова Илхома Ульмасовича: «Физико-химические и технологические основы получения урановых концентратов из местных сырьевых ресурсов Таджикистана», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия

**Актуальность** тематики диссертационного исследования обусловлена широким спектром задач, связанных с реализацией и эффективным решением проблемы обеспечения эффективной эксплуатации территорий с накопленными природными радионуклидами на стадии обеспечения экологической безопасности, так и при организации технологических процессов рециклинга урана и сопутствующих редкоземельных элементов из хвостохранилищ горно-химических предприятий по добыче и переработки урановых руд.

Масштаб этой проблемы, безусловно, имеет мировой характер.

Национальные доклады стран-членов Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами содержат разделы с программами работ по консервации и реабилитации территорий хвостохранилищ. При обращении с РАО, накопленными в поверхностных водоемах-хранилищах ЖРО и хвостохранилищах, используются технические средства и организационные мероприятия, направленные на предотвращение облучения персонала и населения.

Декларируется, что каждая договаривающаяся сторона принимает соответствующие меры для эффективной защиты населения и окружающей среды путем применения на национальном уровне соответствующих методов защиты, утвержденных регулирующим органом, в рамках своего национального законодательства, должным образом учитывающего одобренные на международном уровне критерии и нормы.

В мировой практике примером выполнения масштабных работ по обеспечению безопасности является только Советско-Германское акционерное общество «Висмут» в Германии. За весь срок эксплуатации добыто 218 тыс. т урана, объем хвостов перерабатывающих предприятий более 280 млн. т, объем забалансовых руд и загрязненных пород до 400 млн. т, площадь нарушенных земель 37 км<sup>2</sup>, суммарный объем освоенных капитальных вложений на рекультивационные мероприятия до 6,5 млрд. Евро.

В Российской Федерации специальные меры по обеспечению радиационной безопасности населения, общего снижения риска воздействия радиации и улучшения экологической ситуации на загрязненных участках территории предусмотрены Федеральным законом «О специальных экологических программах реабилитации радиационно загрязненных участков территории».

Постановление Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2015 года №1248 «О федеральной целевой программе «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016 - 2020 годы и на период до 2030 года» предусматривает комплексное решение первоочередных проблем ядерного наследия и создания

объектов инфраструктуры по обращению с радиоактивными отходами для их перевода в безопасное состояние с последующей ликвидацией. В частности, в ФЦП запланированы мероприятия по реконструкции защитной дамбы и дополнительная укладка противофильтрационного экрана хранилища радиоактивных отходов «Среднее» ПАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» (г. Краснокаменск, Забайкальский край), а также консервация хвостохранилища ПАО «Новосибирский завод химконцентратов» (г. Новосибирск).

Решение указанных проблем для Республики Таджикистан требует учета дополнительных угроз, связанных с нахождением объектов в сейсмоопасных зонах, близостью водной артерии (река Сырдарья), а также значительным риском селевых потоков.

Решение этих масштабных проблем, безусловно, требует разработки новых подходов, основанных на научно обоснованных физико-химических принципах и критериях, позволяющих разработать технологические основы получения урановых концентратов из сырьевых ресурсов Республики Таджикистан с одновременным решением задач обеспечения экологической безопасности.

Разработка технологических схем переработки урансодержащих руд на основе физико-химических исследований процессов извлечения урана из урансодержащих отходов месторождений, а также способов выделения уранового концентрата природными сорбционными материалами, безусловно, является крайне актуальной и своевременной задачей.

**Целью работы** является научное обоснование процессов интенсификации извлечения урановых концентратов с использованием физико-химических способов переработки техногенного и природного сырья Республики Таджикистан.

Для достижения поставленной цели автором инициированы и решены задачи, к основным из которых необходимо отнести обоснование химико-технологических процессов максимально эффективного извлечения урана из руд, отходов, рассолов и урансодержащих шахтных и дренажных вод. Обоснование выбора сорбентов для очистки урансодержащих шахтных и дренажных вод по результатам исследования физико-химических процессов сорбции урана. Кроме того, необходимо разработать инструментарий комплексного подхода к установлению технологических особенностей процессов очистки урансодержащих шахтных и дренажных вод с применением активированных бентонитовых глин. Безусловно, к важному направлению исследований необходимо отнести и определение оптимальных параметров технологического процесса извлечения уранового концентрата, таких как pH среды, температура и концентрация растворов.

К основной задаче диссертационной работы, к квинтэссенции защиты, безусловно, относятся разработанные технологические схемы извлечения уранового концентрата из руд, отходов, рассолов, шахтных и дренажных вод, а также новые полученные результаты термического распада уранильных соединений и сравнительной оценки термодинамических характеристик лантаноидов и актиноидов.

**Научная новизна** работы Мирсаидова И.У. является несомненной.

В качестве новых результатов автором на основе изучения физико-химических основ переработки урановых руд и радиоактивных отходов, а также свойств и

структуры сорбционных материалов установлены оптимальные условия извлечения урановых концентратов из руд и урансодержащих вод. Впервые предложены технологические схемы извлечения  $U_3O_8$  с использованием реагентов широкого спектра, экономически эффективных для условий Республики Таджикистан. К новым результатам следует отнести и результаты исследований по физико-химическому состоянию урана в супесчаных почвах с обоснованием оптимальных условий процесса разложения урансодержащих супесчаных почв с выделением  $U_3O_8$ . Кроме того исследован процесс термического распада уранильных соединений на основе комплексного определения их термодинамических характеристик.

Новизна результатов диссертационной работы подтверждается Национальным патентно-информационным центром Республики Таджикистан, оформившим по результатам деятельности автора диссертационной работы, следующие патенты:

1. Патент ТJ 108. Способ переработки отходов урановой промышленности / И.У. Мирсаидов, Х.М. Назаров, Н. Хакимов. Заявка №0700103 от 04.05.2007.

2. Патент ТJ 109. Способ извлечения урана из шахтных вод / Н. Хакимов, И.У. Мирсаидов, Х.М. Назаров. Заявка №0700104 от 04.05.2007.

3. Природный сорбент и индикатор для урана. Свидетельство о регистрации интеллектуального продукта / И.У. Мирсаидов, Н. Хакимов, Х.М. Назаров, Б.Б. Баротов. - Номер и дата регистрации 0184 ТJ от 16.09.2009.

4. Малый патент ТJ 678. Способ очистки шахтных и дренажных вод от урана / Х.М. Назаров, И.У. Мирсаидов, М.З. Ахмедов, Н.Н. Рахматов. – Заявка № 1400867. Заявл. 02.07.2014. Зарег. 13.03.2015.

**Обоснованность и достоверность результатов.** Все полученные в работе результаты и выводы достоверны и обоснованы, что подтверждаются представительным объемом данных, полученных в ходе масштабных экспериментальных исследований. Автором использовались только аттестованные методики, а результаты исследований получены в аккредитованных испытательных и измерительных лабораториях. Кроме того, все промежуточные и общие выводы согласуются с радиационными и физико-химическими данными многолетнего мониторинга состояния хвостохранилищ. Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, и их достоверность подтверждается хорошей теоретической проработкой проблемы, использованием методов математической статистики при обработке большого массива данных, применение современных методов системного анализа.

Достоверность экспериментальных данных обеспечивается широким использованием современных методов исследования. Все математические расчёты и результаты статистической обработки данных обеспечены методической базой.

**Практическая значимость** работы заключается в том, что на основании результатов исследований разработаны и внедрены новые материалы и технологии, позволяющие повысить безопасность хвостохранилищ горно-химических предприятий по добыче и переработки урановых руд:

- природный сорбент из растительного сырья (скорлупы урюка, грецкого ореха, шишек сосны и арчи) для получения желтого кека –  $U_3O_8$ ;

- активированный отработанный бентонит как элемент защитного слоя хвостохранилища (применение отходов урановой промышленности для стабилизации и улучшения экологической обстановки);

- технология извлечения урана из шахтных и дренажных вод (акт полупромышленных испытаний технологии Государственного предприятия «Востокредмет» и Агентства по ядерной и радиационной безопасности АН РТ от 10.06.2011).

- способ извлечения урана из шахтных вод, включающий сорбцию урана анионитами, осаждением аммиачной водой, фильтрацией и сушкой, отличающийся тем, что в качестве сорбента используется скорлупа урюка (акт внедрения разработки технологии по извлечению урана из шахтных урансодержащих вод на объектах ГП «Востокредмет» от 04.05.2012).

- технология извлечения урана из супесчаных почв (акт полупромышленных испытаний технологии ГП «Востокредмет» от 25.11.2014).

**Публикации.** По теме диссертации опубликованы 79 статей, из них 26 статей в рецензируемых журналах, которые входят в перечень ВАК РФ, 45 публикаций в материалах конференций, получены 4 патента на изобретения и 4 монографии.

**Объем и структура работы.** Диссертация изложена на 274 страницах машинописного текста, содержит введение, обзор литературы, результаты исследований и их обсуждение, выводы, список цитируемой литературы, включающий 266 наименований библиографических ссылок, а также приложение.

Работа иллюстрирована 85 рисунками и 93 таблицей.

В главе 1 диссертационной работы рассмотрены физико-химические основы получения урановых концентратов, оформленные в виде литературного обзора по исследуемой тематике. Раздел содержит описание общих сведений о химических соединениях f-элементов, характерных особенностях урановых руд, подготовке руд для извлечения полезных компонентов. Представлены хорошо структурированные материалы по методам переработки, включая кислотное разложение, щелочное выщелачивание, прямое флотирование, микробиологический способ, подземное выщелачивание. Показаны особенности извлечения редкоземельных металлов из урансодержащих растворов. Рассмотрены важнейшие химические соединения урана, кинетика процессов выщелачивания урана из руд, технологические основы получения урановых концентратов, а также извлечение урана из руды и классификация его потерь.

Кроме того в разделе 1.9 выполнен анализ современного состояния урановых хвостохранилищ Республики Таджикистан.

Глава 2 «Физико-химические и технологические особенности извлечения урановых концентратов из руд и рассолов Таджикистана» содержит такие важные разделы как опробование и методика проведения экспериментов, технологические особенности извлечения урана из руд месторождения «Северный Таджикистан». Показаны промышленные перспективы этого урановорудного поля, кинетика сернокислотного разложения и карбонатного выщелачивания урановых руд данного месторождения.

Далее рассматриваются вопросы извлечения урана из природных урансодержащих вод с описанием методов извлечения урана из рапы озера Сасык-Куль, представлена технология извлечения урана из рассола с высоким содержанием хлор-ионов.

Кроме того, в главе представлены описания процессов десорбции урана аммиачной селитрой, осаждения диураната аммония из десорбата аммиачной водой, известняком, применением CaO.

В разделе 2.6 приведены общие закономерности сорбции урана из руд месторождений Республики Таджикистан.

Глава 3 «Физико-химические и технологические способы очистки урансодержащих вод природными растительными сорбентами» является основой диссертационной работы. В главе приведены физико-химические свойства шахтных и дренажных урансодержащих вод, рассмотрены схемы извлечения урана промышленными сорбентами и природными сорбентами. Приведены результаты исследования сорбционных свойств природных сорбентов (скорлупа грецкого ореха и урюка, шишки арчи и сосны).

Выполнено исследование технологических особенностей очистки шахтных и дренажных вод с применением активированных бентонитовых глин Шаршарского месторождения, выработаны рекомендации по использованию отработанных активированных бентонитовых глин в качестве защитного слоя радиоактивных хвостохранилищ.

В разделе 3.6 проведена сравнительная оценка сорбционных свойств местных сырьевых сорбентов.

Глава 4 «Физико-химические основы переработки отходов урановой промышленности» содержит подробное описание характеристик хвостохранилищ, таких как Дигмайское, Адрасманское, Худжандское, Гафуровское, хвостохранилище г. Чкаловска, а также радиоактивных отходов г. Истиклола.

Представлены характеристики проб, отобранных для исследований.

Приведены результаты исследования вторичной переработки по добыче урана из отвалов. Показаны технологические схемы переработки «богатых» и «бедных» песков из хвостохранилищ с выделением урановых концентратов из супесчаных почв, а также извлечением урана из сернокислотных растворов супесчаных почв промышленным сорбентом АМ(п).

В разделе 4.6 «Разработка и испытание сорбционных колонн периодического действия» рассмотрен состав оборудования для ионообменных сорбционных процессов, а также результаты полупромышленные испытания технологии извлечения урана из шахтных и дренажных вод.

Глава 5 «Термическая устойчивость уранильных соединений и характеристика термодинамических свойств лантаноидов и актиноидов» содержит разделы с описанием термодинамической оценки процесса извлечения урана, термодинамических характеристик термического разложения нитрата тория (IV), нитрата и сульфата уранила, а также представлен сравнительный анализ термодинамических характеристик лантаноидов и актиноидов.

Диссертация и автореферат оформлены на уровне современных редакторских возможностей, наполнены необходимым количеством иллюстрационного материала, изложение содержания работы выстроено логически правильно.

Принципиальных и существенных замечаний по работе в целом нет. Вместе с тем, такая масштабная работа не может быть несвободна от некоторых недостатков. При прочтении диссертации и автореферата возник ряд следующих вопросов и замечаний:

1. Кажущаяся избыточность главы 1, содержащий литературный обзор, при дальнейшем прочтении всей работы нивелируется, так как подчеркивает важность и целостность раздела в диссертационной работе.

2. В разделе 1.9 (стр.52) утверждается, что при бурении геологических скважин в 2007 году, анализы показали, что содержание урана ниже в десятки раз по сравнению с результатами, полученными в 1950 году. Автор объясняет этот факт содовым выпщелачиванием из-за близости дренажных вод под телом хвостохранилища с последующим промыванием и миграцией радионуклиды в реку Сырдарью. Необходимо представить данные радиоэкологического мониторинга.

3. Если в литературном обзоре факт отсутствия нумерации формул химических реакций представлялся уместным, то отсутствие нумерации математической формулы (расчет объема урана, стр.55) и расшифровки членов математического выражения требует пояснения. Далее по тексту нумерация появляется только в выражении (3.1) стр. 146.

4. Результаты исследований содержания урана в отдельных фракциях месторождения «Северный Таджикистан», представленные в таблице 2.1 и далее по тексту, необходимо приводить в единой математической нотации, т.е. количество знаков после запятой должно соответствовать погрешности измерений.

5. В разделе 2.2.3 (стр.65) утверждается, что процесс сорбции урана на анионите АМ(п) возможен без дополнительных затрат при условии не превышения предельно-допустимой концентрации. Требуется дополнительное разъяснение с численными значениями.

6. Анализ данных в таблице 3.24 «Сравнительная характеристика природных сорбентов» проведен без учета сведений о ценовых характеристиках природных сорбентов, только лишь по временному фактору.

7. Термин «Схема» применимый к своду информации по Дигмайскому хвостохранилищу (рис.4.1 и далее по тексту главы) считаю неудачным.

8. В таблице 4.20 приведены результаты определения в радиоактивных отходах радионуклидов уранового ряда - торий-230, полоний-210, свинец-210 и рассчитанные для каждого из этих радионуклидов значения сдвигов равновесия относительно радия. Почему автор ограничился только этим перечнем? Почему не представлены другие характеристики? Например, удельные суммарные альфа и бета активности.

9. Акт полупромышленных испытаний технологии на Государственном предприятии «Востокредмет» от 25.11.2014, упоминаемый в диссертации и автореферате, не представлен в приложении.

Отмеченные недостатки, безусловно, не снижают общего положительного впечатления от работы в целом, не умаляют качество проведенных исследований, и не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 02.00.04 - физическая химия в областях исследований «Экспериментальное определение термодинамических свойств веществ», а также «Физико-химические основы процессов химической технологии», что позволяет классифицировать представленную работу по отрасли наук – «Технические науки».

### **Заключение**

Диссертация Мирсаидова Илхома Ульмасовича является законченным научным исследованием, выполненным автором самостоятельно на высоком научно-техническом уровне. В работе получены новые научно-обоснованные технические и технологические решения в области физико-химических и технологических основ получения урановых концентратов из сырьевых ресурсов Республики Таджикистан, внедрение которых вносит значительный вклад в экономическое развитие и повышение экологической безопасности страны.

Диссертация соответствует пункту 9 «Положения о порядке присуждении ученых степеней» в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, а автор диссертации, Мирсаидов Илхом Ульмасович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

Советник по научно-техническим вопросам  
ФГУП «РосРАО»,  
Лауреат премии Правительства РФ  
в области науки и техники,  
доктор технических наук, профессор



А.И. Соболев



Подпись Соболева А.И заверена  
научным Капитаном  
ФГУП "РосРАО" Аришмархада Ш.Н.   
30.03.2016