

**ОТЗЫВ**

*официального оппонента профессора Р.Е.Кузина  
на диссертацию 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 (технические науки).*

**Актуальность и важность темы исследования.**

Рецензируемая диссертация представляет собой, по существу, развитие в новых политических и экономических условиях научно-технических методов создания и исключительно успешной эксплуатации первого Советского предприятия по получению урановых концентратов «Ленинабадского горно-химического комбината» (Комбинат № 6, ЛГХК) на земле Таджикской ССР.

С открытием ЛГХК 15 мая 1945 года - сразу после Великой Победы советского народа Великой отечественной войне - началось развитие сырьевой отрасли атомной промышленности СССР. На долю ЛГХК выпала большая удача – сыграть важную роль в создании «ядерного щита» нашей общей Родины – СССР, а затем и становлении атомной энергетики. На перерабатывающих предприятиях комбината № 6 (ныне ГП «Востокредмет») производилось более 20% всего советского уранового концентрата.

На первых этапах работы предприятия в 1945 – 48 годах, несмотря на малые объемы переработки на двух опытных заводах (10 – 15 тонн руды в сутки), большой расход химикатов и высокое содержание урана в руде (0,3 – 0,8 %), извлечение урана в готовую продукцию не превышало 35 – 45 %. В 1953 году переработка руды достигла 1 млн. т/год, а по добыче урана 400 т/год. Но, по-прежнему, извлечение не превышало 45%. Основная причина этого состояла в отсутствии эффективных сорбционных технологий. Этим, в основном, объясняется наличие значительных количеств урана в хвостохранилищах.

Кроме того, по мере истощения рудных запасов на предприятиях комбината в период 1951 – 60 годов стало уделяться большое внимание использованию экономичных процессов кучного и шахтного выщелачивания урана.

Таким образом, «ядерное наследие» периода создания «ядерного щита» включает довольно значительные запасы урана, что позволило соискателю поставить проблему попутного извлечения U при проведении масштабных экологических работ по переработке загрязненных ураном вод.

*В ходе проведения исследований диссидентом получен ряд новых научно-обоснованных технических и технологических решений по поставленной проблеме, внедрение которых вносит значительный вклад в экономическое развитие и повышение экологической безопасности Таджикистана.* Считаю нужным перечислить некоторые из них, содержащие элементы научной новизны:

1. Предложены физико-химические и химико-технологические основы и разработаны оригинальные принципиальные технологические схемы переработки урановых отходов нескольких хвостохранилищ, и определены оптимальные режимы их работы.

2. На основе физико-химических исследований процессов извлечения урана из урансодержащих руд «Северный Таджикистан» разработаны принципиальные технологические схемы их переработки.

3. Физико-химическими методами определены химический состав урансодержащих шахтных, дренажных вод и рассолов озера Сасык-Куль, и доказана целесообразность выделения из них урановых концентратов.

Отзыв официального оппонента профессора Р.Е.Кузина

4. Экспериментально-теоретически выявлены высокие сорбционные свойства скорлупы урюка по сравнению с другими природными местными сорбентами, и определена кинетика сорбционного процесса извлечения урана из шахтных и дренажных вод отходов урановой промышленности на основе этого сорбента.

5. Определены оптимальные параметры сорбции на основе сорбента из косточек урюка, и разработана принципиальная технологическая схема попутного извлечения урана при очистке дренажных вод хвостохранилищ.

6. Обосновано дополнительное применение местных бентонитовых глин после использования их для умягчения природных вод в качестве материала для покрытия поверхности хвостохранилища, что позволяет снизить выделение радона в атмосферу, уменьшить гамма-фон на поверхности и разнос песковой фракции по окрестностям. При покрытии слоем 25 см поверхности хвостохранилищ исходная активность 4,5 мкЗв/час может быть снижена до фоновой 0,2 мкЗв/час.

***Для научного обоснования полученных оригинальных технических и технологических решений:***

- Выполнен анализ огромного объема специальной литературы по проблеме переработки отходов урановых производств и попутному извлечению урана из разнообразных и техногенных источников.

- Выполнен большой объем экспериментальных исследований физико-химических параметров разнообразных рудных материалов, грунтовых и шахтных вод, проб отвалов Гафуровского и Чкаловского хвостохранилищ, с дополнительным исследованием сдвигов радиоактивного равновесия долгоживущих естественных радионуклидов, на основе которых предложены технологические схемы переработки сырьевых источников и определены параметры технологических процессов.

- Выполнены физико-химические экспериментальные исследования широкого ассортимента местных природных сорбентов (косточки грецкого ореха и урюка, шишки сосны и арчи), оценены их сорбционные параметры и защитные свойства бентонитовых глин для экранирования поверхности хвостохранилищ.

- Некоторые экспериментальные исследования после оценки оптимальных режимов на лабораторных установках доведены до промышленных испытаний в условиях ГМЗ предприятия «ГП Востокредмет». В частности, таким образом подтверждена работоспособность технологической схемы переработки «богатых» и «бедных» песков из хвостохранилищ, о чем получен соответствующий акт внедрения.

- Таким же образом, полупромышленными испытаниями завершена разработка по извлечению урана из шахтных и дренажных вод месторождения Киик-Тал, выполненная в рамках проекта Т-1508 МНТЦ «Разработка технологических основ переработки отходов урановой промышленности Таджикистана (2009-2011 годы)». При этом также доказано, что замена синтетического сорбента АМ-п на природный сорбент – скорлупу урюка - исключает использование дорогостоящих химиков и материалов, сокращает трудовые затраты. Экономическими расчетами доказано, что использования скорлупы урюка в качестве сорбента позволяет сэкономить расходы на попутное извлечение урана почти на 50 %.

***Достоверность научного обоснования полученных технических и технологических решений обеспечивается:***

- корректным применением методик экспериментального исследования физико-химических свойств рудных материалов, шахтных и дренажных вод, рапы уникального озера;

- применением аттестованной аппаратуры для технологических экспериментов и аккредитованных средств и методик физико-химических методов исследований – РФА, ДТА, ИК – спектроскопии и спектральных методов анализа.

**Практическая значимость диссертации заключается в том, что:**

- Разработаны принципиальные технологические схемы переработки урановых руд, отходов и урансодержащих шахтных и дренажных вод.
- Разработаны пути использования отходов урановой промышленности (хвостохранилищ) с целью улучшения экологической обстановки в регионе.
- Для очистки от радионуклидов дренажных вод хвостохранилищ гг. Истиклола и Худжанда, находящихся на высокогорье, использованы сорбенты на основе косточек урюка. Специально созданные сорбционные колонны из полиэтиленовых труб не используют перекачного оборудования, так как при установке предлагаемой схемы очистка воды от урана осуществляется продвижением урансодержащей воды за счет разности высот самотеком.

• Разработанное техническое решение для очистки сточных вод от урана для безвредного применения воды на хлопковых плантациях и фруктовых садах имеет наиболее доступную по конструкции и по материалам сорбционную колонну, чтобы стоимость изготовления была минимальной. Источник воды на горной местности и перепад высот позволяют отказаться от применения насосов для подачи воды в колонны. Немаловажным преимуществом использования скорлупы урюка в качестве сорбента является ее дешевизна, доступность и распространение в Республике Таджикистан (около 11% мировых плантаций абрикосов находятся в Таджикистане). Положительными факторами использования отходов растительного сырья является не только их дешевизна, но и попутная их утилизация.

• Обосновано применение местных бентонитовых глин после использования их для умягчения природных вод в качестве материала для покрытия поверхности хвостохранилища, с целью снижения экологической нагрузки на окружающую среду.

• Результаты работ внедрены для очистки шахтных и дренажных вод. По результатам внедрения получены акты Государственного предприятия «Востокредмет»:

- акт ГП «Востокредмет» полупромышленных испытаний технологии извлечения урана от 10.06.2011 г.;
- акт внедрения ГП «Востокредмет» от 04.05.2012 г. Ожидаемый экономический эффект 100 тысяч долларов США при добыче одной тонны урана.
- акт полупромышленных испытаний ГП «Востокредмет» извлечения урана из супесчаных почв от 25.11.2014 г.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 80 научных трудов, в том числе - 4 монографии, 35 статей в рецензируемых журналах РФ и РТ, получены 4 патента на изобретения.

В целом, диссертация выполнена на современном научно-техническом уровне. Однако, при ее анализе возникли следующие основные замечания.

1. Цель работы, сформулированная автором, «...интенсификация процессов извлечения урановых концентратов с использованием физико-химических способов переработки техногенного и природного сырья Таджикистана» поставлена гораздо уже, чем объем фактически выполненных соискателем исследований.

Действительно, на стр. 6 диссертации читаем: «В целом, в г. Истиклола накоплено уникальное урановое наследие Советского Союза, которое дает возможность постановки ряда научно-исследовательских работ. Разнообразие уранового наследия г. Истиклола: хвостохранилищ, забалансовых руд, отвалов, отходов после кучного выщелачивания, шахтных и дренажных вод вынуждает принять экстренные меры по решению экологических проблем города». И только после этого написано: «Кроме того, Таджикистан имеет определённый запас урановых руд. Поиск технологических основ переработки этих руд также является актуальной задачей». Фактически в диссертации из трех глав, посвященных разработке научно-обоснованных технических решений, третья «Физико-химические

## Отзыв официального оппонента профессора Р.Е.Кузина

и технологические способы очистки урансодержащих вод природными растительными сорбентами» и четвертая «Физико-химические основы переработки отходов урановой промышленности» связаны в большей мере с проблемами охраны окружающей природной среды, чем с добычей урановых концентратов.

Я понимаю, что решение экологических проблем в значительной мере связано с финансовыми затратами, а попутное извлечение урана может приносить прибыль (до 100 тысяч долларов за тонну). Видимо поэтому, сужена формулировка цели диссертации.

2. В диссертации сформулирована научно-техническая проблема, требующая решения широкого круга взаимосвязанных научно-производственных задач: извлечение урана из шахтных вод и рапы уникального озера, извлечение урана из рудных материалов Таджикистана и переработка радиоактивных отходов (РАО) многообразных хвостохранилищ, исследование сорбционных свойств большого числа природных сорбентов, имеющихся в Республике, термическая устойчивость уранильных соединений и характеристика термодинамических свойств лантаноидов и актиноидов. При этом для решения перечисленных задач применяется широкий спектр физико-химических и технологических методов исследования, включая полупромышленные испытания.

Многообразие задач и методов исследования требует для постановки и решения поставленной проблемы привлечения интегрирующего научного метода, в качестве которого наиболее эффективным был бы системный анализ.

Изучая список информационных источников по диссертации, включающий 266 наименований, я с удовольствием увидел 3 публикации соискателя (под номерами 242, 243 и 263), которые так и называются «Системный анализ термодинамических свойств... бинарных элементов». Таким образом, я думаю, данный научный метод хорошо известен соискателю. Жаль, что такому исследованию на основе системного анализа не посвящена отдельная постановочная глава - было бы большой удачей привлечь системный анализ в качестве первой главы для формулирования общей проблемы исследования. Но, к сожалению, этот метод в диссертации активно не использован.

3. Основным методом извлечения урана из шахтных и подземных вод, продуктивных растворов кучного и скважинного выщелачивания для решения экологических проблем и получения концентратов полезных компонентов автором избрана сорбция, реализуемая в различных аппаратах с использованием разнообразных сорбентов. К сожалению, недостаточное внимание удалено (всего строчка на рис.1.3) методу сорбции урана из пульп, который был разработан под руководством действительного члена АН СССР Б.Н.Ласкорина и впервые в мире внедрен на комбинате №6 в 1957 году, что обеспечило повышение производительности урановых производств в разы, реализацию замкнутого водооборота и локализацию всех РАО в хвостохранилище. Этот метод был в дальнейшем внедрен на всех урановых предприятиях бывшего СССР, бывших стран народной демократии и многих зарубежных государств.

4. Недостаточно исследовано карбонатное выщелачивание (раздел 2.2.3), и поэтому не определен оптимальный режим этого процесса. Не изучено влияние температуры – только фиксированный режим 80°C (стр.67). Хотя уже давно известно, что при затрудненной внутренней диффузии, большое влияние оказывает температура. Этот факт подтвержден внедрением автоклавных процессов карбонатного выщелачивания на урановых комбинатах в Степногорске, СГАО Висмут (Цвиккау), Болгарии и т.д. Таким образом, выбор сернокислотного выщелачивания с большим расходом серной кислоты не очевиден.

5. Для различных источников попутного извлечения урана при реабилитации хвостохранилищ перерабатывающего предприятия в г. Истиклола проведены

## Отзыв официального оппонента профессора Р.Е.Кузина

обширные и трудоемкие исследования физико-химических свойств, но не по каждому исследованию сделаны выводы о применимости их для получения продукции. Например, при изучении радионуклидного состава водных объектов (табл.3.3) определялось отношение активностей  $C = A_{\text{U-234}}/A_{\text{U-238}}$ , и было установлено, что для дренажа хранилища № 1-2  $C=1,66$ . Это свидетельствует о сильном превышении активности урана-234 от равновесной, и требуется специальная оценка пригодности такого сырья для получения концентрата природного урана. Однако, выводы сделаны только о непригодности вод для питьевого водоснабжения.

6. Продолжая тему попутного извлечения урана, следует подчеркнуть, что каждое хвостохранилище гидрометаллургического завода по переработке урановых руд является не только источником недоизвлеченного урана, но и крупным источником РАО, включающим десятки миллионов тонн пульпы. После извлечения урана еще 15 радионуклидов распада урана-238 попало в хвостохранилище как РАО, и они накапливались там более 40 лет, в том числе такие активные и долгоживущие, как торий-230, радий 226, свинец-210 и полоний-210. Переработка такого «компота» требует дополнительных технологических решений в части радиационной безопасности.

7. Большой объем экспериментальных исследований и конкретных решений по сорбции урана косточками урюка (Глава 3.), безусловно, является украшением диссертации. Выявленный источник природного сорбента Таджикистана (крупнейший консервный завод по переработке абрикоса) – перспективен. Однако, при последующем обжиге сорбента (стр. 132) часть урана может «улететь» с обжиговыми газами, а это потребует разработки дополнительной системы улавливания урана. В свое время от обжиговой технологии отказались при переработке прибалтийских сланцев, а также железорудной плавки на Украине. В случае решения по использованию косточек урюка в качестве сорбента необходимо будет провести дополнительные исследования по улавливанию урана в дымовых газах.

8. Как и во многих диссертациях, вызывает недоумение нежелание исследователей соблюдать формат данных: какая-то фетишизация показаний цифровых приборов. Таких примеров по диссертации не мало. Например, в таблице 3.14 (стр.124) приведены результаты анализа на системе «Спектроскан» концентраций сопутствующих элементов на сорбенте из косточек урюка. Все числа (значения концентраций) представлены пятью цифрами в мантиссе при погрешностях (они приведены здесь же) до 19%. В этом случае и одна цифра в мантиссе вызывает сомнение, а напечатаны все 5 цифр, которые показал прибор.

Это относится и к количеству нулей после запятой в табличных данных. Например, таблица 3.15. Величины в таблице изменяются на порядок, и на 2 порядка, а читатель должен считать число нулей после запятой. Давно принятые рекомендации для научных публикаций: данные записывать в экспоненциальной форме – мантисса из 2-3 цифр и порядок.

9. Пятая глава «Термическая устойчивость уранильных соединений и характеристика термодинамических свойств лантаноидов и актиноидов» стоит особняком, мало связана с основной целью диссертации и изложена очень сжато – практически на уровне реферата. Конечно не следует включать в диссертацию все, что было сделано соискателем. Тем не менее, появление этого раздела свидетельствует о том, что в Агентстве ядерной и радиационной безопасности Республики Таджикистан не собираются ограничиться только сорбционными технологиями получения урановых концентратов, но заглядывают далеко вперед. Жалко, что это отметил рецензент, а не диссертант.

10. Диссертация написана грамотным научно-техническим языком, но возможности современных текстовых редакторов ЭВМ в части оформления

Отзыв официального оппонента профессора Р.Е.Кузина

«больших документов» практически не использованы. Объем работы огромный (274 страницы), и переход из раздела в раздел (для просмотра литературы, например) достаточно трудоемкий.

При таком числе замечаний не уместно говорить: «сформулированные замечания не снижают оценки работы». Как раз снижают. Тем не менее, с учетом актуальности и важности проблемы для Республики Таджикистан, с учетом большой совокупности технических, научно-обоснованных решений по проблеме переработки радиоактивных растворов, пульп и руд с попутным извлечением урана, с учетом большого объема выполненных научных исследований в обоснование названных решений -- общая оценка диссертации положительная.

Дополнительно отмечаю. *Диссертация соответствует паспорту специальности 02.00.04 Физическая химия (Технические науки)* по следующим пунктам: п.11 - физико-химические основы процессов химической технологии (при исследовании параметров многих технологических процессов извлечения урана из руд и вторичных источников – хвостохранилищ, шахтных и дренажных вод – разделы диссертации 1.4-1.9, 2.2-2.3, 2.6, 3.1, 3.4, 3.5, 4.4-4.6); п.2 - экспериментальное определение термодинамических свойств веществ – (разделы диссертации 2.1, 2.2.2, 2.3.2, 2.5, 3.1, 4.1-4.2, 4.4-4.5, 5.1, 5.2); п.3 – установление закономерностей адсорбции на границе раздела фаз (при исследовании местных сырьевых сорбентов – раздел диссертации 3.2, 3.3, 3.6, 4.4-4.6) ; п.7 – механизмы сложных химических процессов (разделы диссертации – 2.2.2, 2.3, 2.5, 3.3-3.6, 4.1, 4.2, 4.4, 4.5.1-4.5.2).

Это дает основание присудить соискателю ученую степень по *специальности 02.00.04 Физическая химия (Технические науки)*.

Автореферат и опубликованные научные работы достаточно полно отражают основное содержание диссертации.

В заключение можно сформулировать следующие выводы:

Диссертация Мирсаидова Илхома Ульмасовича является законченным научным исследованием, выполненным автором самостоятельно на современном научно-техническом уровне, в котором изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения в области физико-химических и технологических основ получения урановых концентратов из местных сырьевых ресурсов Таджикистана, внедрение которых вносит значительный вклад в экономическое развитие и повышение экологической безопасности страны. Реценziруемая диссертация полностью соответствует пункту 9 «Положения о порядке присуждении ученых степеней» в редакции Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842.

Автор диссертации Мирсаидов Илхом Ульмасович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

Официальный оппонент, доктор технических наук, профессор,  
главный научный сотрудник Испытательной лаборатории радиационного контроля  
АО «ВНИИХТ»

Кузин Р.Е..

29 марта 2016 года

Подпись профессора Р.Е.Кузина, «ЗАВЕРЯЮ»

Ученый секретарь АО «ВНИИХТ», кандидат технических наук

С.Л.Кочубеева

