

На правах рукописи



ХАМИДОВ Фарход Абдуфатович

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫДЕЛЕНИЯ УРАНОВОГО
КОНЦЕНТРАТА ИЗ ОТХОДОВ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОРИЙ-УРАНОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

05.17.01 – технология неорганических веществ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Душанбе – 2017

Диссертация выполнена в научно-исследовательском отделе Агентства по ядерной и радиационной безопасности Академии наук Республики Таджикистан

Научный руководитель: доктор технических наук, директор
Агентства по ядерной и радиационной
безопасности АН РТ
Мирсаидов Илхом Ульмасович

Научный консультант: доктор химических наук, член-
корреспондент АН Республики
Таджикистан, профессор Таджикского
технического университета им. академика
М.С.Осими
Бадалов Абулхайр Бадалович

**Официальные
оппоненты:** доктора технических наук, профессор
кафедры «Технология химического
производства» Таджикского технического
университет им. академика М.С.Осими
Шарипов Абдумумин

кандидата химических наук, заместител
директора по научной работе ГУ «Научно-
исследовательский институт металлургии»
ГУП «ТАЛКО»
Бобоев Худжаназар Эшимович

Ведущая организация: Кафедра «Экологии» Горно-
металлургического института Таджикистана

Защита состоится «17» января 2018 года в 9-00 часов на заседании диссертационного совета 6D.KOA-007 при Институте химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан по адресу: 734063, г.Душанбе, ул. Айни, 299/2.

E-mail: z.r.obidov@rambler.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на сайте Института химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан
www.chemistry.tj

Автореферат разослан «___» _____ 2017 года

Учёный секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент



Обидов З.Р.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Изучение площадок уранового наследия и возможность вторичной переработки урановых отходов является актуальной задачей.

Во второй половине 20 века более 30% производимого в СССР уранового концентрата в виде жёлтого кека поступало из стран Центральной Азии. Технологии добычи и переработки урановых руд разрабатывались одними и теми же научно-исследовательскими и проектными организациями в составе Министерства среднего машиностроения. Характеристики наследия урановых площадок в Казахстане, Кыргызстане, Таджикистане и Узбекистане отличаются. В некоторых странах Центральной Азии было сильно развито подземное выщелачивание, в других – традиционный гидрометаллургический способ.

В период с 1961 по 1995 гг. на многих рудниках произошло прекращение добычи, однако восстановительные мероприятия были проведены лишь на незначительном количестве объектов, которые располагались в районе расположения важных населенных пунктов.

Так, в Таджикистане, в густо населенном районе г. Бустон (бывший г.Чкаловска), отвалы урановых руд были закрыты стабильным грунтовым покрытием слоем 1 м, что существенно снизило эманацию радона и дозы гамма излучения на поверхности отвала. Тем не менее, отвалы здесь продолжают оставаться фактором риска, поскольку они расположены всего в 50 м от рядом расположенных жилых домов. Следует отметить, что реабилитационные мероприятия были произведены на очень небольшом количестве объектов, а часто и вовсе не проводились, специальные фонды для восстановления радиационной безопасности также не создавались. Такая ситуация была подобной для всех четырех стран-участниц проекта. Тем не менее, последующая судьба наследия урановой промышленности, начиная с середины 1990-х годов, существенно различалась в каждой из республик Центральной Азии. Так, если в Таджикистане и Кыргызстане добыча и переработка урановых руд были практически прекращены, то в Узбекистане и Казахстане добыча продолжается до настоящего времени.

Проблемы отходов, которые образовались от прошлой деятельности, должны быть решены соответствующим образом. В большинстве стран данного региона основным ограничением для рекультивации является недостаток доступных финансовых ресурсов, которые могут быть направлены на эти цели. Другим существенным ограничением для развития национальных планов реабилитационных мероприятий является недостаток соответствующей регуляторной инфраструктуры.

В последние годы внимание многих исследователей направлено на обеззараживание местностей, в которых проводилась добыча радиоактивных веществ. На сегодняшний день радиоактивные отходы не нашли своего применения, но их можно вторично перерабатывать с целью добычи уранового концентрата и утилизации отходов.

Поэтому разработка технологии переработки отходов урановой промышленности и изучение свойств соединений, полученных в процессе выделения урана, являются актуальными.

В работе также приведена термическая устойчивость уранильных соединений и дана сравнительная оценка термодинамических характеристик актиноидов и лантаноидов.

Целью и задачами работы является разработка физико-химических основ извлечения уранового концентрата из отходов и изучение термодинамических характеристик торий-урановых соединений.

Поэтому основными **задачами** данной работы являются:

- радиологический мониторинг хвостохранилищ Таджикистана;
- получение уранового концентрата из хвостов и отвалов урановой промышленности;
- получение уранового концентрата с использованием местных сорбентов;
- изучение термической устойчивости и термодинамические характеристики уран-ториевых соединений;
- разработка принципиальных технологических схем извлечения уранового концентрата из отходов.

Научная новизна. Определены оптимальные условия и кинетика извлечения уранового концентрата из шахтных урансодержащих вод и отходов урановой промышленности Республики Таджикистана на основе местных сорбентов.

Определены температурный интервал, ступенчатый характер и термодинамические характеристики процессов дегидратации и термического разложения, также термодинамические характеристики торий-урановых соединений.

Выявлены закономерности изменения термодинамических характеристики оксидов лантаноидов и актиноидов в зависимости от природы металлов и от степени их окисления с проявлением тетрад-эффекта.

Практическая значимость работы состоит:

- в разработке технологической схемы извлечения урановых концентратов из отходов урановой промышленности и урансодержащих вод Республики Таджикистан на основе местных сорбентов и изучении свойств продуктов извлечения;
- в пополнении банк термодинамических величин химических веществ новыми данными для торий-урановых соединений.

Основные положения, выносимые на защиту:

- радиоэкологический мониторинг хвостохранилищ Таджикистана;
- результаты извлечения уранового концентрата из отходов урановой промышленности и урансодержащих вод;
- разработка принципиальной технологической схемы извлечения уранового концентрата из шахтных и дренажных урансодержащих вод и отходов урановой промышленности;

- результаты термического распада и термодинамические характеристики ториевых и уранильных соединений.

Обоснованность и достоверность научных исследований, выводов и рекомендаций базируется на использовании результатов, полученных с помощью сертифицированного лабораторного оборудования с привлечением физико-химических методов исследований – РФА, ДТА, ИК-спектроскопии и спектральных методов анализа. Теоретическая часть работы построена на основе ряда законов физической химии.

Реализация выводов и рекомендации работы. Исследование выполнено в рамках Целевой программы «Изыскание технологических основ переработки урансодержащих руд и отходов урановой промышленности», госрегистрация №102 ТД 843, по договору с Комитетом по охране природы Республики Таджикистан, а также по национальным проектам МАГАТЭ по управлению отходами урановой промышленности. Часть разработанных технологий прошли опытно-промышленные испытания и внедрены на базе ГУП «Таджредмет», а также в учебный процесс Горно-металлургического института Министерства образования и науки Республики Таджикистан.

Личный вклад автора заключается в нахождении способов и решении поставленных задач, применении экспериментальных и расчётных методов для достижения намеченной цели, обработке, анализе и обобщении полученных экспериментальных и расчётных результатов работы, также их публикации. Формулировке и составлении основных положений и выводов диссертации.

Апробация работы. Основные положения диссертации обсуждались на: VI Нумановских чтениях (Душанбе, 2009); Республиканской научно-практической конференции «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии (Душанбе, 2009); XVII Международной конференции по химической термодинамике в России (RCCT-2009) (Казань, 2009); IV Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования» (Душанбе, 2010); 17th International Conference on «Solid Compounds of Transition Elements» (Annency, France, 2010); Республиканской научно-практической конференции «Проблемы современной координационной химии» (Душанбе, 2011); XVIII Международной конференции «Химическая термодинамика в России» (Самара, 2011); 11 Международной научной конференции «Сахаровские чтения 2011 года: экологические проблемы 21 века» (Минск, Беларусь, 2011); 6 Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования» (Душанбе, 2012); XIV Международной конференции по термическому анализу и калориметрии в России (Санкт-Петербург, Россия, 2013); XXVI Международной Чугаевской конференции по координационной химии (Россия, Казань, 2014); XX International conference on chemical thermodynamics in Russia (Nizhni Novgorod, 2015); Международной конференции «21 век: Ядерные технологии и проблемы нераспространения» (Астана, Казахстан, 2015); Международной научно-практической конференции, посвящ. 1150-летию персидско-таджикского

учёного-энциклопедиста Абу Бакра Мухаммада ибн Закария Рази (Душанбе, 2015); XII Нумановских чтениях (Душанбе, 2015); Республиканской научно-практической конференции «Проблемы материаловедения в Республике Таджикистан» (Душанбе, 2016); .

Публикации. По теме диссертации опубликованы 33 статей, из них 6 статей в рецензируемых журналах, которые входят в перечень ВАК Республики Таджикистан, 27 публикации в материалах конференций и получен 1 патент на изобретение.

Объем и структура работы. Диссертация представляет собой рукопись, изложенную на 133 страницах компьютерного набора, содержит введение, обзор литературы, результаты исследований и их обсуждение, выводы, а также список цитируемой литературы, включающий 142 наименований библиографических ссылок. Работа иллюстрирована 28 рисунками и 41 таблицами.

1. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** отражена актуальность проблем отрасли и практическая значимость выбранной темы исследования.

В первой главе диссертации приводится краткий литературный обзор по физико-химическим основам получения урановых концентратов. Освещены вопросы подготовки урановых руд для извлечения полезных компонентов и некоторые методы переработки урановой руды. Рассмотрена сырьевая база урановой промышленности (на примере Республики Таджикистан), кучное и шахтное выщелачивание урана, карбонатное кучное выщелачивание урана из забалансовых руд месторождения Черкесар-II, шахтное выщелачивание из забалансовых руд месторождения Табошар. Особенно хорошо описан бесфильтрационный метод Б.Н.Ласкорина, который в предыдущих работах отсутствует.

В литературном обзоре также рассмотрен раздел «Совместное присутствие 4f- и 5f-элементов в урансодержащих растворах».

Во второй главе дана характеристика объектам исследования, приведён химический состав использовавшихся в экспериментах проб. Физико-химические основы выделения урановых концентратов из отходов урановой промышленности, также расширена результатами радиоэкологического мониторинга хвостохранилищ Таджикистана и получением уранового концентрата из отходов хвостохранилищ г.Истиклола. Имеется раздел «Получение солей уранила и тория».

Изучены сорбционные свойства скорлупы урюка в сравнении с его семенами и плодами, также изучены сорбционные свойства скорлупы урюка на пилотной установке.

В третьей главе особое внимание уделено термодинамическим свойствам актиноидов. Обобщены результаты спектроскопии, рентгенофазового анализа и тензиметрического метода исследования процесса дегидратации и термического разложение торий (IV) и уранильных соединений. Приведены величины термодинамических характеристик

процесса дегидратации и термического разложения тория (IV) и уранильных соединений.

2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫДЕЛЕНИЯ УРАНОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ИЗ ОТХОДОВ УРАНОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

2.1. Радиоэкологический мониторинг хвостохранилищ Таджикистана

Как известно, общее количество отходов в хвостохранилищах бывшего уранового производства в Республике Таджикистан составляет около 55 млн. тонн. Суммарная активность отходов по разным оценкам составляет от 240,5 до 284,9 ТБк. Отвальные поля в основном не организованы, количество и площади их точно не определены. Практически все хвостохранилища и отвальные поля подвержены активным эрозионным процессам и дренируются подземными водами в прилегающие саи (временные ручьи) и речную сеть.

В неудовлетворительном состоянии находятся три района расположения хвостохранилищ и отвалы, а именно в районе гг. Истиклол, Адрасман, а также действующее Дигмайское хвостохранилище, расположенное в окрестностях г.Бустона. Поверхности хвостохранилищ, особенно тех, которые не имеют защитных покрытий или подвержены разрушительному действию природных факторов или роющих животных, представляют угрозу для значительной дисперсии загрязняющих веществ и материалов хвостов за пределы их первичной локализации.

В зонах выклинивания дренажных вод часто проводится выпас скота и водопой животных, а воды дренажей используются для полива местных огородов и даже рисовых чеков и садов, которые расположены в непосредственной близости от мест складирования отходов уранового производства. Серьезную озабоченность вызывают участвовавшие случаи нелегального сбора населением цветных металлов, которые впоследствии сбываются на местных нелегальных рынках или даже за пределами Республики Таджикистан.

Нами был выполнен анализ состояния скважин мониторинговой сети подземных вод в районе расположения Дигмайского хвостохранилища. В районе расположения хвостохранилища наблюдения не проводились более 10 лет. Большая часть скважин была признана не пригодной для наблюдений и требует восстановления. Поэтому анализ состояния загрязнения подземных вод выполнен в основном на основе архивных материалов ГУП «Таджредмет».

Результаты исследования показывают, что в целом объемные концентрации радона в воздухе над хвостохранилищами являются не высокими.

В окрестностях г.Истиклола в период проведения полевых работ были выполнены измерения загрязнения атмосферного воздуха на содержание радионуклидов в аэрозолях, содержание радона и продуктов его распада. На

территории г.Истиклола были установлены трековые детекторы и проведены интегральные измерения концентрации радона в атмосферном воздухе и воздухе помещений города. Детекторы экспонировались в течение 2 месяцев, затем были обработаны в отделе радиационной гигиены Украинского института гигиены и медицинской экологии по методике, утвержденной в Украине. Результаты показали, что в жилых и общественных помещениях г.Истиклола и поселка Старый Истиклол значения объемных концентраций ЭРОА Rn-222 не превышают 100 Бк·м⁻³. Относительно не высокие концентрации объемной активности Rn-222 наблюдались также в атмосферном воздухе зданий г.Истиклола. Это может быть объяснимо хорошей вентилируемостью долины, в которой расположен поселок.

Высокие значения ЭРОА Rn-222 отмечаются лишь в помещениях бывшего полуразрушенного гидрометаллургического завода, что требует выполнения работ по их разборке, демонтажу и последующей реабилитации территории завода. Результаты гамма- и альфа-спектрометрического анализов проб из хвостохранилищ и отвалов приведены в таблице 1.

В результате несоблюдения правил хранения отходы урановой промышленности разносятся ветром и атмосферными осадками за пределы санитарной зоны, попадают в атмосферный воздух населенных пунктов и загрязняют почву, подземные воды.

Таблица 1 - Содержание естественных радионуклидов (Бк·кг⁻¹) в образцах пород с отвала ФБР и хвостохранилища секций 1-2, расположенных в районе г.Истиклола

№	Место отбора пробы	²³⁸ U	²²⁶ Ra	²³⁰ Th	²¹⁰ Pb	²¹⁰ Po
1	Отвалы ФБР, проба 1	1405 ± 200	6570 ± 600	5600 ± 1050	5885 ± 470	5350 ± 580
2	Отвалы ФБР, проба 2 (темного цвета)	250 ± 60	2090 ± 200	1320 ± 630	2225 ± 185	1820 ± 250
3	Отвалы ФБР, проба 3 (материал смыва с отвала)	800 ± 70	1735 ± 130	1025 ± 300	1950 ± 145	1840 ± 190
4	Отвалы ФБР, проба 4 (желтого цвета)	250 ± 80	1030 ± 85	1010 ± 400	1935 ± 145	1510 ± 245
5	Хвостохранилище секций 1-2, проба хвостов 1	585 ± 60	3010 ± 240	2900 ± 530	3895 ± 290	3250 ± 370
6	Хвостохранилище секций 1-2, проба солей уранита	12210 ± 900	55,9 ± 27	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено

2.2. Получение уранового концентрата из хвостов г.Бустона

В настоящем разделе дан анализ возможности получения уранового концентрата из хвостохранилищ г.Бустона «Карта 1-9». Исходя из анализа

хвостохранилищ, проведение работ по вторичной переработке отходов урановой промышленности г. Бустона «Карта 1-9» является перспективным.

Минералогический состав хвостов установили рентгенофазовым анализом (рисунок 1).

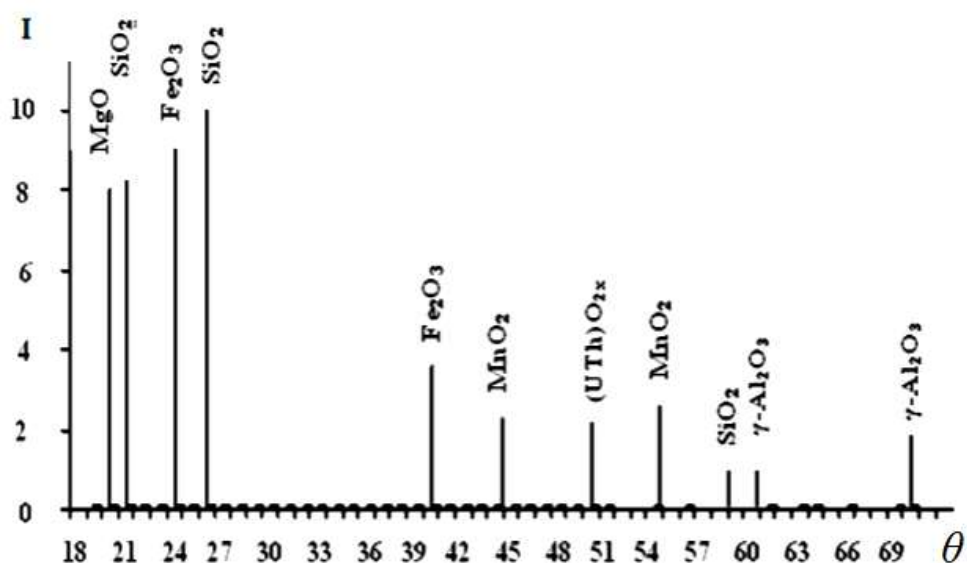


Рисунок 1 - Штрихдифрактограммы проб, отобранных из Бустонского хвостохранилища.

Так как хвосты из техногенного месторождения «Карта 1-9» в основном содержат кварц (69,4%), их подвергали кислотному выщелачиванию. Результаты лабораторных исследований по степени вскрытия и перехода урана в раствор обобщены в таблице 2.

Таблица 2 - Влияние расхода серной кислоты на извлечение урана при выщелачивании ($U=0,018\%$, $t=20^{\circ}\text{C}$, $\tau=10$ ч)

Соотношение Т:Ж=1:1		Соотношение Т:Ж=1:2	
расход H_2SO_4 , кг/т	извлечение урана в раствор, %	расход H_2SO_4 , кг/т	извлечение урана в раствор, %
60	20	60	23
90	24	90	26
100	31	100	35
110	37	110	40
120	39	120	43
130	41	130	48
180	46	180	54
350	55	350	61

Из таблицы 2 видно, что при сернокислотном вскрытии хвостов (с содержанием урана 0,008-0,021%), переход урана в раствор составляет 93,85%. Это объясняется тем, что хвосты хорошо обрабатываются серной кислотой. Облегчается также извлечение урана, без дополнительного

измельчения, за счет длительного нахождения хвостового материала в щелочной среде.

Кинетика процесса разложения отходов «Карта 1-9» при оптимальном расходе серной кислоты 180 кг/т в интервале температур 293-353 К исследовалась в изотермических условиях с выдержкой пульпы в течении 10 часов в термостатированном реакторе.

Как видно из рисунка 2, с увеличением температуры и времени сернокислотное выщелачивание хвостов из техногенного месторождения «Карта 1-9» возрастает.

В изученном интервале температур степень извлечения урана увеличивается от 60 до 90%. Кинетические кривые выщелачивания хвостов исследовали при температурах 293, 313, 333 и 353 К. В течение 2,5-3 часов процесс выщелачивания протекает линейно, затем становится постоянным.

Как видно из графика зависимости константы скорости от температуры, в координатах $\lg K-1/T$ (рисунок 3), почти все экспериментальные точки хорошо укладываются на прямую линию, то есть эта зависимость может быть описана уравнением Аррениуса.

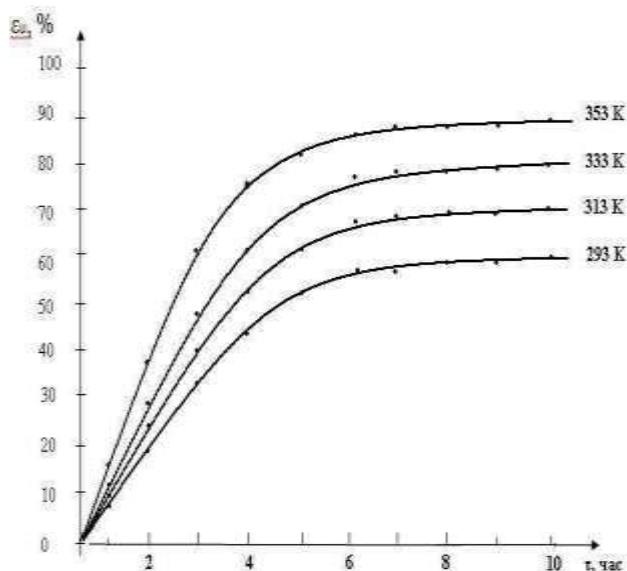


Рисунок 2 - Кинетические кривые выщелачивания хвостов (содержание урана 0,018%) при соотношении Т:Ж=1:2.

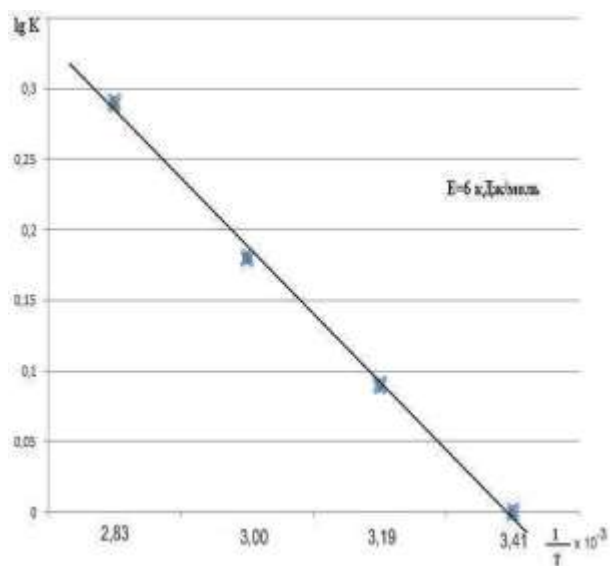


Рисунок 3 - Зависимость $\lg K$ от обратной абсолютной температуры.

На основе обработки кинетических кривых была определена экспериментальная энергия активации, величина которой ($E=6,0$ кДж/моль) свидетельствует о протекании процесса разложения в диффузионной области.

С целью расширения сырьевой базы, выделения закиси-оксида урана из отходов урановой промышленности предлагается следующая схема переработки отходов урановой промышленности (рисунок 4).

Таким образом, показана возможность вторичной переработки отходов урановой промышленности на примере хвостохранилища «Карта 1-9».

Установлен оптимальный расход серной кислоты для выщелачивания хвостов, который составляет 180 кг на тонну руды. Определены кинетические и энергетические параметры выщелачивания хвостов техногенного месторождения «Карта 1-9». Расчетное значение кажущейся энергии активации составляет 6,0 кДж/моль.

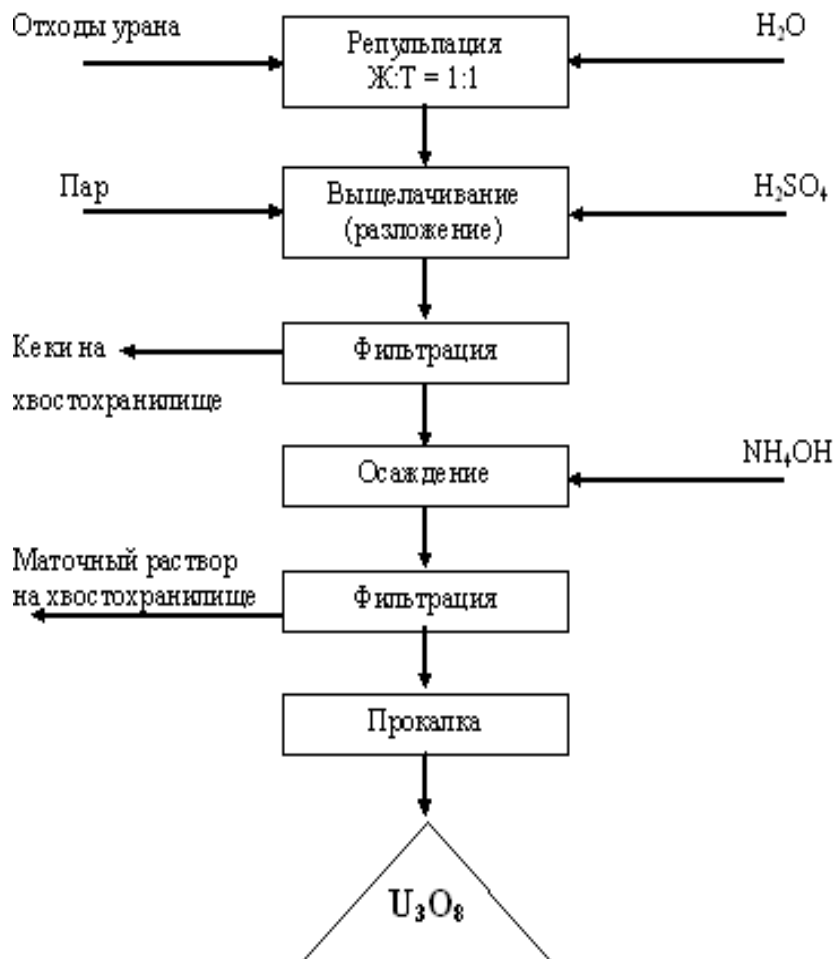


Рисунок 4 - Принципиальная технологическая схема переработки отходов урановой промышленности.

2.3 Возможность получения урановых концентратов из отходов хвостохранилищ г.Истиклола

В процессе исследовательских работ по выщелачиванию урана из хвостохранилищ определялись его концентрации в растворе и извлечение в зависимости от начального содержания в пробах, концентрации выщелачивающего реагента, времени контакта.

На предварительном этапе, с целью определения возможности выщелачивания и степени извлечения урана из хвостохранилища III была отобрана проба из скважины №19 со средним содержанием урана 0,027%.

Результаты исследований приведены в таблице 3.

Низкое содержание урана в растворах пробах №4 и №5, видимо, обусловлено переходом $Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+3}$, повышением рН до 4-5 за счёт реакции с

другими компонентами системы, осаждением гидроксида железа и ряда полиуранатов.

Для объединённых проб по хвостохранилищам выщелачивание проводилось растворами с концентрацией H_2SO_4 - 100 г/л, Т:Ж = 1:2, при активном перемешивании с отбором проб на анализ через 15, 30 и 45 мин и последующим выстаиванием – сутки. Вес проб – 100 г. Результаты изучения приводятся в таблице 4.

Таблица 3 - Результаты исследований возможности выщелачивания и степени извлечения урана в пробах со средним содержанием урана

№ пробы	Вес, г	$C_{H_2SO_4}$, г/л	Концентрация урана в растворе, мг/л	Количество урана в пробе, мг	Извлечение, %
1	50	20	9	13,5	6,6
2	50	50	83	13,5	61,5
3	50	100	109	13,5	80,7
4	50	150	44	13,5	32,6
5	50	200	39	13,5	29,0

Таблица 4 - Результаты исследований возможности выщелачивания и степени извлечения урана в объединённых пробах

№ пробы	Характеристика пробы (содержание %)			Концентрация урана по временным интервалам (мг/л)				Извлечение, %
	U	Fe_2O_3	MnO	15 мин	30 мин	45 мин	сутки	
Т II	0,009	7,31	0,14	37,6	39,4	38,0	41,2	98
Т III	0,0085	6,71	0,2	25,6	30,0	35,4	41,0	96
Т IV	0,0068	6,95	0,25	24,8	25,6	27,6	33,8	99

Из анализа полученных данных видно, что уран в хвостохранилищах находится в 6-валентной форме и его выщелачивание в основной массе происходит в первые часы ведения процесса.

Учитывая вышеизложенное, проводилось переобъединение и выщелачивание при тех же условиях. Результаты приведены в таблице 5.

Для отходов ФБР применение высоких концентраций H_2SO_4 нерентабельно, поэтому для них проводились опыты при следующих параметрах: вес навески – 50 г; концентрация H_2SO_4 - переменная. Результаты опытов приведены в таблице 6.

Таким образом, при отработке отвалов ФБР затраты по кислоте могут быть значительно снижены при примерно одинаковом уровне извлечения.

Низкая степень извлечения отвалов карьера №1 обусловлена слабой окисленностью руды, в связи с чем была разработана лабораторная установка перемешивания пульпы воздухом.

Условия проведения эксперимента:

- концентрация H_2SO_4 - 100 г/л;
- окислитель – кислород воздуха;
- барботаж в течение 3-х часов с отбором проб через каждый час;
- отстаивание – сутки.

Результаты исследования приведены в таблице 7.

Таблица 5 - Результаты исследований возможности выщелачивания и степени извлечения урана в переобъединенных пробах

№ пробы	Характеристика пробы (содержание %)				Концентрация урана по временным интервалам (мг/л)				Извлечение (%)
	<i>U</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>MnO</i>	<i>Ca</i>	15 мин	30 мин	45 мин	сутки	
Т II	0,012	7,23	0,3	3,8	32,8	37,6	39,8	16,4	77,3
Т III	0,0145	6,59	0,27	4,88	42,4	48,6	51,6	58,0	85,2
Т IV	0,009	4,79	0,15	4,28	24,8	26,2	28,8	37,5	83,3
ТГ	0,0057	5,49	0,12	0,52	16,6	17,6	18,4	18,4	65
ТО	0,011	3,49	0,1	0,44	-	-	19,8	21,4	38,9

ТГ – усредненная проба по склонам отвала №7 (Фабрика бедных руд);
ТО – усредненная проба по отвалам карьера №1, выщелачивание которой проводилось при активном перемешивании (2 часа) и последующем выстаиванием (сутки).

Таблица 6 - Результаты исследований возможности выщелачивания и степени извлечения урана в пробах из ФБР

№ пробы	Характеристика пробы (содержание %)				Концент- рация H_2SO_4 (г/л)	Концент- рация урана (мг/л)	Извлече- ние (%)
	<i>U</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>MnO</i>	<i>Ca</i>			
1	0,0057	5,49	0,12	0,52	20	17,0	59,7
2	0,0057	5,49	0,12	0,52	50	18,2	63,9
3	0,0057	5,49	0,12	0,52	75	18,2	63,9

Таблица 7 - Результаты исследований возможности выщелачивания и степени извлечения урана в пробах карьера №1

№ пробы	Характеристика пробы (содержание %)				Концентрация урана по временным интервалам (мг/л)				Извлечение (%)
	<i>U</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>MnO</i>	<i>Ca</i>	15 мин	30 мин	45 мин	сутки	
ТО	0,011	3,49	0,1	0,44	13,8	13,6	14,0	18,4	25

Применение в качестве окислителя кислорода воздуха приводит к снижению извлечения, что также обусловлено переходом $Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+3}$,

повышением рН, осаждением гидроксида железа и соосаждением полиуратов. Такая же тенденция наблюдалась и при исследованиях процесса выщелачивания «Карта 1-9» г.Бустона.

По результатам проведённых исследований может быть рекомендован базовый вариант режимов выщелачивания при проведении опытно-промышленных испытаний:

- хвостохранилища I-II, III, IV – концентрация H_2SO_4 - 100 г/л, время выщелачивания – 2-3 часа;

- отходы ФБР – концентрация H_2SO_4 - 20 г/л, время выщелачивания – 2-3 часа.

2.4. Изучение сорбционных свойств скорлупы урюка в сравнении с его семенами и плодами

Как известно, в г.Истиклоле наблюдается разнообразие площадок уранового наследия.

В окрестностях г.Истиклола вокруг рек, где размыты отвалы Фабрики бедных руд, взяты для изучения плоды деревьев урюка. Эти участки орошаются шахтными водами, которые по данным взятых замеров содержат уран в количестве от 0.002 до 0.003 мг/л. Были отобраны плоды урюка с двух участков. Гамма-фон грунта поверхности первого участка составляет 1,80-2,00 мкЗв/ч, а гамма-фон второго участка – 1,00-1,20 мкЗв/ч. Отобранные пробы плодов урюка с обоих участков были разделены на три части: а – сам плод; б – скорлупа урюка; в - семя урюка.

Указанные пробы обжигали при температуре $\approx 500^\circ C$ и в полученной золе определяли содержание урана по известной методике.

Химический анализ содержания урана в этих шести пробах приведен в таблице 8.

Таблица 8 - Содержание урана в отобранных пробах плодов урюка

№ пробы	1 участок	№ пробы	2 участок
	Содержание урана, %		Содержание урана, %
1а	0.001	2а	0.001
1б	0.005	2б	0.004
1в	0.002	2в	0.0013

а – сам плод; б - скорлупа урюка; в – семя урюка.

Как видно из таблицы 8, пробы 1б и 2б, которые были получены из скорлупы урюка, взятого на участках 1 и 2, в 4-5 раз превышают в процентном соотношении содержание урана в плодах и семенах урюка.

Таким образом, радионуклиды через корни деревьев поступают в скорлупу урюка, которая является эффективным сорбентом.

Для сравнения взяты пробы плодов урюка в Аштском, Исфаринском районах и в г.Бустоне, где деревья растут на не загрязненных

радионуклидами почвах. Среднее содержание гамма-фона в этих почвах составляет 0,15-0,20 мкЗв/ч.

Пробы плодов урюка, взятые из г.Бустона, также разделены на плоды, скорлупу и семена и переданы на химический анализ. Результаты анализов приведены в таблице 9

Таблица 9 - Результаты химического анализа плодов урюка, взятых в г.Бустоне

№ п/п	Наименование проб	Содержание U, %
а	плод	Фоновое
б	скорлупа	0.003
в	семя	фоновое

Таким образом, проведённые исследования показывают, что если в почве имеются радионуклиды, они в основном накапливаются в скорлупе урюка.

2.5. Изучение сорбционных свойств скорлупы урюка на пилотной установке

Как было показано, скорлупа урюка является эффективным адсорбентом для урансодержащих вод. Воды, вытекающие из шахты в количестве 3-6 м³/час, содержат 20-23 мг/л урана с рН=7.5-8.0.

С целью выявления возможности очистки шахтных вод правобережья г.Худжанда от урана, нами была разработана и собрана полупромышленная установка (сорбционная колонна специальной конструкции) на базе Филиала Агентства по ядерной и радиационной безопасности АН Республики Таджикистана в г.Бустоне.

Экспериментальные лабораторные сорбционные колонки установлены последовательно с одним напорным баком. Вместо классического сорбента АМ(п) выбрана скорлупа урюка, как сорбент урана.

Колонки загружались на 50% скорлупой урюка в количестве 100 кг равными частями в каждую колонку.

Скорлупу урюка измельчали, просеивали на сите +2 мм и загружали в колонки. Привезённые из правобережья шахтные воды заливали в обе колонки до вытекания из второй колонки. Для полного заполнения системы было израсходовано 100 л шахтных вод. Для набухания скорлупы урюка шахтные воды выдерживались в колонках в течение двух суток.

Начиная с третьих суток от начала опыта, через колонки были пропущены непрерывно урансодержащие шахтные воды со скоростью 1 литр в час. Первые анализы на содержание урана в маточниках показали отсутствие урана.

Для сорбента необходимое время контакта раствора со скорлупой урюка составляло не менее 5 мин. После насыщения скорлупы урюка в

колонке подача воды прекращалась, после чего производили её разгрузку из колонки.

На рисунке 5 приводится технологическая схема получения уранового концентрата из скорлупы урюка.

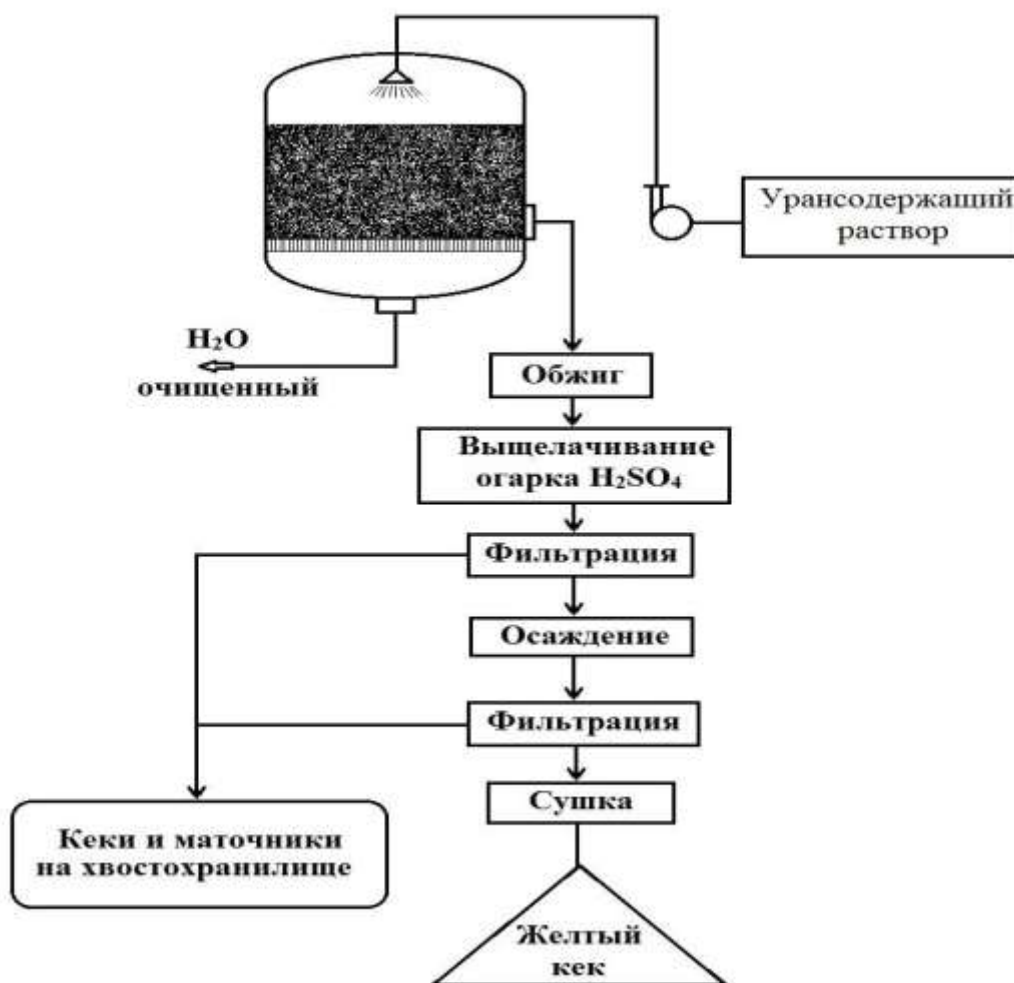


Рисунок 5 - Принципиальная технологическая схема получения уранового концентрата из уранодержащих шахтных вод.

На основании проведённых исследований выявлено, что оптимальными условиями проведения процесса являются: общее время насыщения сорбента – 10 суток; средняя концентрация урана в исходном растворе – 21 мг/л; содержание урана в сорбенте – 1.721 кг/т.

Исходя из результатов экспериментов на пилотной установке, нами для очистки шахтных вод месторождения Киик-Тала была монтирована опытно-промышленная установка (рисунок 6). Так как месторождение Киик-Тал находится на высокогорье, поэтому нет необходимости использования перекачного оборудования.

Таким образом, собрана полупромышленная установка для очистки вод месторождения Киик-Тала на основе местных сорбционных материалов, показана возможность очистки шахтных вод от урана.

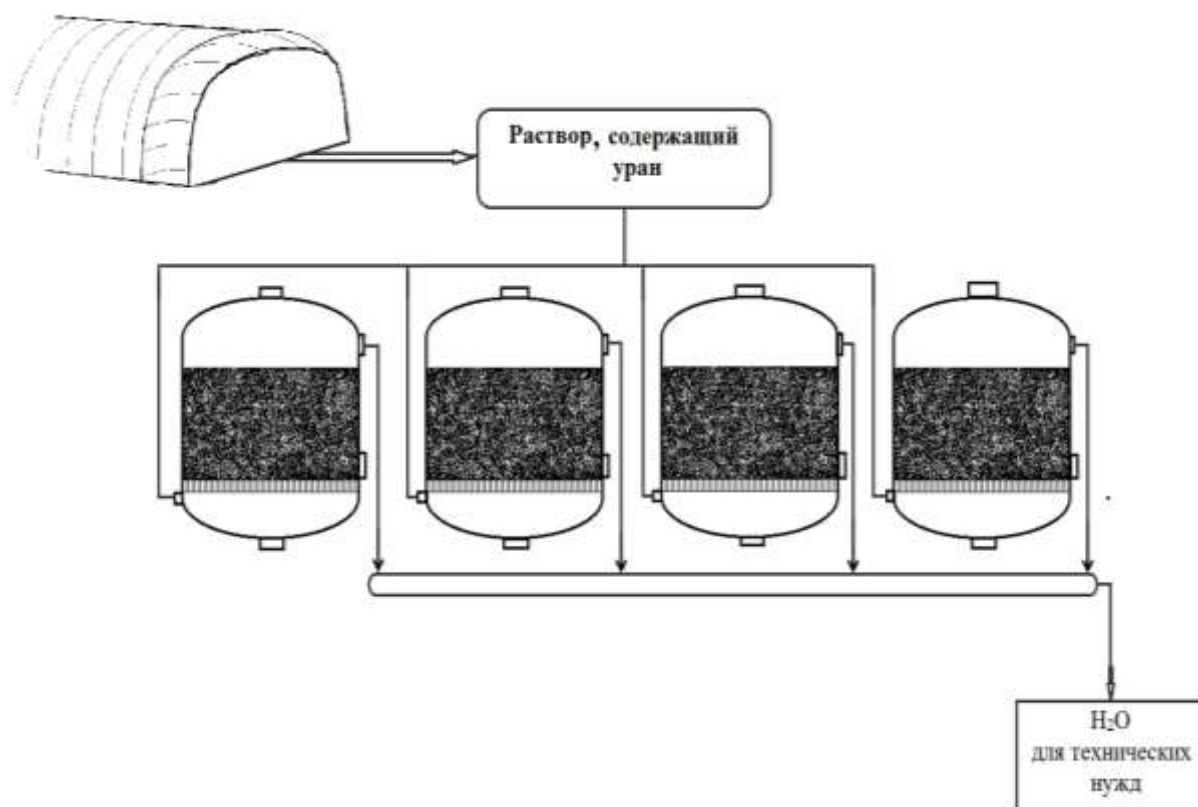


Рисунок 6 - Опытно-промышленная установка для получения уранового концентрата с использованием местных сорбционных материалов – скорлупы урюка.

3. ТЕРМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ УРАНИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛАНТАНОИДОВ И АКТИНОИДОВ

Проведен сравнительный анализ имеющихся немногочисленных сведений о термических и термодинамических свойствах сходных соединений лантаноидов и актиноидов. Полученные термодинамические характеристики соединений лантаноидов и актиноидов пополняют банк термодинамических величин новыми данными. Эти сведения позволят установить закономерности изменения термических и термодинамических характеристик сходных соединений лантаноидов и актиноидов в зависимости от их природы.

3.1. Термодинамические характеристики термического разложения нитрата тория (IV), нитрата и сульфата уранила

Из желтого кека по традиционной методике получены кристаллогидраты уранила $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и $\text{UO}_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Для сравнительной оценки также изучены термодинамические характеристики $\text{Th}(\text{NO}_3)_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

В проведённых нами исследованиях методом тензиметрии с мембранным нуль-манометром в равновесных условиях показан ступенчатый характер процесса дегидратации кристаллогидратов актиноидов и возможности разделения процесса дегидратации кристаллогидратов, а также получения дегидратированных соединений тория и урана.

В работе приведены результаты исследования термического разложения нитратов тория (IV), нитрата уранила и сульфата уранила в равновесных условиях. Исследование проведено статическим методом с мембранным нуль-манометром. Температура в мембранной камере измерена с точностью $\pm 0.2^\circ\text{C}$, давление ± 100 Па.

Экспериментальные данные кривых барограмм, приведённые в виде зависимости $\lg P$ от обратной температуры, обработаны по методу наименьших квадратов при доверительном уровне свыше 95% с использованием t -значения коэффициента Стьюдента. По полученным уравнениям прямых линий рассчитаны термодинамические характеристики процесса.

Расчет термодинамических характеристик индивидуальных соединений произведён с учётом числа молей (n) газообразных продуктов реакции по формулам:

$$K_p = P^n; \lg K_p = n \lg P; \Delta G = -RT \cdot \lg K_p \text{ и } \Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

и с учётом аддитивности термодинамических характеристик параллельно протекающих процессов (таблица 10). Заметное расхождение в значениях энтропии индивидуальных соединений объясняется температурным фактором, отсутствием сведений о теплоёмкости компонентов и их изменений в температурных интервалах.

Таблица 10 - Термодинамические характеристики соединений актиноидов

Соединения	$-\Delta_f H$, кДж/моль		S_T^0 , Дж/моль·К	
	литература	наши данные	литература	наши данные
$\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	3200,4	3035 \pm 25	528	-
	3167,72,5		505,4 \pm 2,5	
$\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	-	2766 \pm 25	-	846 \pm 42
$\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	2507,3	2093 \pm 25	410	695 \pm 42
	2280,3 \pm 2,5		368,9 \pm 3	
$\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$	1390 \pm 29	1247 \pm 15	241	516 \pm 23
	1353,2 \pm 3		-	
$\text{UO}_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	2791,8	2383,1 \pm 25	264	-
$\text{UO}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-	2128 \pm 25	-	482 \pm 42
UO_2SO_4	1889,1	1658 \pm 25	155	298 \pm 42
UO_3	1223,8	1197,8 \pm 12	99,4	123 \pm 15
$\text{Th}(\text{NO}_3)_4$	1461,5	1366,3 \pm 15	-	651 \pm 23

3.2. Сравнительный анализ термодинамических характеристик лантаноидов и актиноидов

Учитывая, что в урансодержащем растворе имеются лантаноиды, в работе дана сравнительная характеристика лантаноидов и актиноидов.

Так как в растворе уранильных соединений присутствуют лантаноиды, поэтому мы рассмотрели сравнительный анализ термодинамических характеристик лантаноидов и актиноидов.

Между гомологическими рядами соединений лантаноидов и актиноидов при увеличении атомного номера f-элементов, наряду со схожестью свойств, наблюдается также заметное отличие. Лантаноидам характерно в основном проявление степени окисления (+3), что сохраняется на всем протяжении лантаноидного ряда. Актиниоды способны проявлять различные степени окисления. Актиниоды первой половины ряда могут иметь высокие значения степени окисления, вплоть до (+7), а члены второй половины ряда актиноидов образуют соединения со степенями окисления (+3), (+2), а также (+1) (для менделевия).

Из литературных источников известно образование оксидов лантаноидов и актиноидов со степенью окисления (+2), (+3) и (+4). Получены и охарактеризованы оксиды лантаноидов со степенью окисления (+2) – La, Ce, Pr, Nd, Sm и Eu, также оксиды актиноидов со степенью окисления (+2) – Th, U, Np, Pu и Am. В работах приведены расчетные и экспериментальные величины энтальпии образования оксидов лантаноидов и некоторых актиноидов со степенью окисления (+3), (+4).

Данная работа посвящена получению более полных сведений об энтальпии образования оксидов и комплексных гидридов лантаноидов и оксидов актиноидов, сравнению их и выявлению общей закономерности в изменениях этой характеристики от порядкового номера металлов.

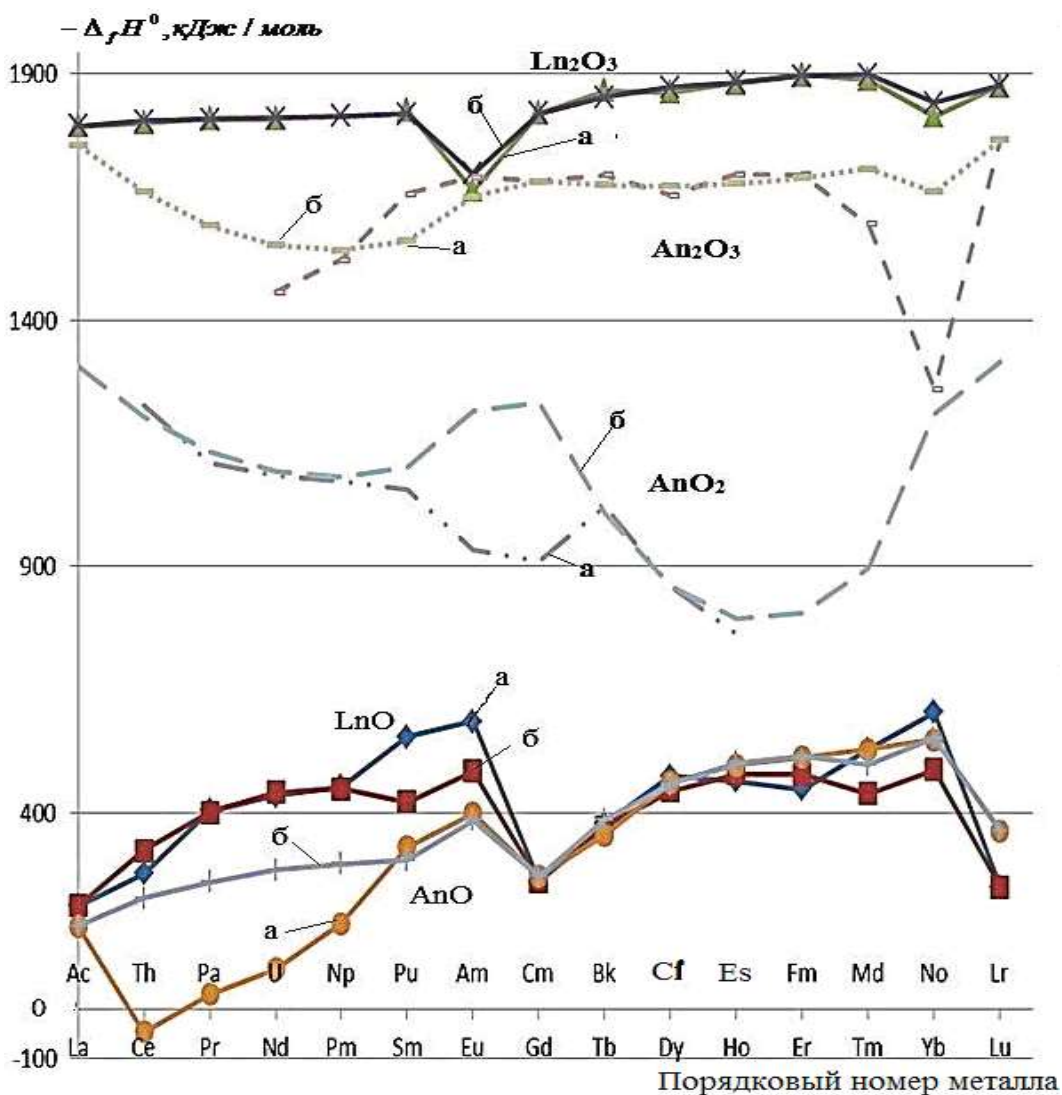


Рисунок 7 - Зависимости энтальпии образования оксидов лантаноидов и актиноидов от порядкового номера металлов (а - литературная, б - расчетная).

Полученные результаты по соединениям 4f-элементов позволили выявить, что наблюдается симбатное изменение и увеличение величин энтальпии образования и энергии кристаллической решётки комплексов. Кривые изменения термодинамических свойств в зависимости от порядкового номера 4f-элементов проявляют тетрад-эффект с чётким разделением подгрупп лантаноидов.

ВЫВОДЫ

1. Систематизированы физико-химические основы выделения урановых концентратов на основе сырьевой базы урановой промышленности Таджикистана. Показаны основы выделения урановых концентратов из отходов и шахтных вод. Определены химический и минералогический составы отходов урановой промышленности, свойства природных ураносодержащих шахтных и дренажных вод, показана целесообразность выделения из них урановых концентратов.
2. На основе изучения процессов извлечения из ураносодержащих отходов урана проведен радиоэкологический мониторинг хвостохранилищ Таджикистана, изучено разложение хвостов г.Бустона и Истиклола серной кислотой. Найдены оптимальные параметры выделения урановых концентратов.
3. Получены кинетические кривые разложения отходов г.Бустона и найдена экспериментальная энергия активации, составляющая 6,0 кДж/моль, свидетельствующая о протекании процесса разложения в диффузионной области.
4. Разработана принципиальная технологическая схема переработки отходов хвостохранилища г.Бустона «Карта 1-9», состоящая из следующих операций: репульпация песков, выщелачивание, осаждение аммиаком, фильтрация и прокалка с получением жёлтого кека.
5. Изучены сорбционные свойства скорлупы урюка в сравнении с его семенами и плодами, проведены опытно-промышленные испытания сорбционных свойств скорлупы урюка.
6. Тензиметрическим методом изучена термическая стабильность нитрата и сульфата уранила в равновесных условиях, установлены температурный интервал, схемы и характер всех стадий данного процесса. Процесс дегидратации и термического разложения тригидрата сульфата уранила протекает в одну стадию, дегидратация и термическое разложение нитрата уранила – в две ступени. Вторая ступень разложения исходного нитрата уранила состоит из двух параллельно протекающих процессов разложения UO_3 и NO_2 . Для сравнительной оценки также изучены термодинамические характеристики $Th(NO_3)_4 \cdot 5H_2O$.
7. Дана оценка термодинамических характеристик актиноидов в сравнении с лантаноидами. Установлены закономерности в изменениях энтальпии образования оксидов в зависимости от порядкового номера актиноидов и лантаноидов. Закономерности имеют идентичный характер с проявлением тетрад-эффекта в пределах естественного ряда сходных оксидов лантаноидов и актиноидов.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ:

Статьи, опубликованные в журналах и материалах конференций, рекомендованных ВАК:

1. **Хамидов, Ф.А.** Термическое разложение нитратов тория (4) и урана (6) / Ф.А. Хамидов, У. Мирсаидов // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2014. -Т.57. -№4. -С.304-308.
2. **Хамидов, Ф.А.** Сравнительный анализ энтальпии образования оксидов лантаноидов и актиноидов / Ф.А. Хамидов, И.У. Мирсаидов, А. Бадалов // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2014. -Т.57. -№8. -С.676-679.
3. **Хамидов, Ф.А.** Изучение сорбционных свойств скорлупы урюка в сравнении с его семенами и плодами / Ф.А. Хамидов, Н. Хакимов, И.У. Мирсаидов, Х.М. Назаров // Известия АН Республики Таджикистан. -2015. - №2(159). -С. 52-54.
4. Мирсаидов, И.У. Изучение сорбционных свойств скорлупы урюка на пилотной установке / И.У. Мирсаидов, Ф.А. **Хамидов**, Н.Н. Рахматов, Н. Хакимов // Известия АН Республики Таджикистан. -2015. -№2(159). -С. 59-62.
5. **Хамидов Ф.А.** Физико-химические и технологические основы переработки урансодержащих отходов / Ф.А. Хамидов, И.У.Мирсаидов, Б.Б. Баротов, Н.Хакимов, Х.М. Назаров, У.Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан. -2016. -№3(164). -С. 84-89.
6. **Хамидов, Ф.А.** Термодинамика процесса дегидратации пентагидронитрата тория (IV) / Ф.А. Хамидов, И.У. Мирсаидов, К.М. Назаров, С.К. Насриддинов, А. Бадалов // Вестник Таджикского технического университета (ТТУ). -2010. -№2(10). -С.234-236.

Изобретения по теме диссертации

7. Малый патент Республики Таджикистан ТД 801. «Способ дегидратации уранильных соединений» / **Ф.А. Хамидов**, И.У. Мирсаидов, А. Бадалов, М.З. Ахмадов. Заявка №1601067 от 31.08.2016 г.

Статьи, опубликованные в материалах конференций и патенты:

8. Хакимов, Н. Радиоэкологический мониторинг хвостохранилищ Северного Таджикистана / Н. Хакимов, О.В. Войцехович, В.Я. Саидов, **Ф.А. Хамидов**, М.З. Ахмедов // Материалы VI Нумановских чтений «Состояние и перспективы развития органической химии в Республике Таджикистан. – Душанбе, 2009. -С.207-213.
9. Мирсаидов, И.У. Термическое разложение и термодинамические характеристики кристаллогидратов и индивидуального сульфата уранила /

И.У. Мирсаидов, Д.Д. Камолов, **Ф.А. Хамидов**, А. Бадалов // Материалы XVII Международной конференции по химической термодинамике в России (РССТ-2009). - Казань, 2009. -С.119.

10. **Хамидов, Ф.А.** Характер процесса дегидратации и термического разложения пентагидратонитрата тория (IV) / Ф.А. Хамидов, И.У. Мирсаидов, И.З. Хакеров, А. Бадалов // Материалы 11-й Международной научной конференции «Сахаровские чтения 2011 года: Экологические проблемы XXI века». – Минск, Беларусь, 2011. -С.277.

11. **Хамидов, Ф.А.** Термическая устойчивость и термодинамические характеристики процесса дегидратации кристаллогидрата уранилсульфата и нитрата тория / Ф.А. Хамидов, А. Бадалов, И.У. Мирсаидов, М.С. Пулатов, Д.Д. Камолов // Материалы семинаров «2011 год – международный год химии» и «Радиационная безопасность Таджикистана». - Душанбе, 2011. - С.37-40.

12. Камолов, Д.Д. Термическое разложение и термодинамические характеристики кристаллогидратов и индивидуального сульфата уранила / Д.Д. Камолов, И.У. Мирсаидов, **Ф.А. Хамидов**, А. Бадалов // Материалы республиканской научно-практической конф. «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии». - Душанбе, Таджикский технический университет, 2009. -С.47.

13. **Хамидов, Ф.А.** Термодинамика процесса дегидратации пентагидратонитрата тория (IV): Сборник научных трудов «Радиоэкологический мониторинг биосреды и радиационная безопасность Таджикистана» / Ф.А. Хамидов, И.У. Мирсаидов, К.М. Назаров, С.К. Насриддинов, А. Бадалов. - Душанбе: Агентство по ядерной радиационной безопасности АН Республики Таджикистан, 2010. -С.88-91.

14. **Хамидов, Ф.А.** Термическая устойчивость и термодинамические характеристики процесса дегидратации кристаллогидратов нитрата тория (IV) / Ф.А. Хамидов, И.У. Мирсаидов, К.М. Назаров, Р.Х. Хаитов, А. Бадалов: Там же. -С.148-152.

15. **Хамидов, Ф.А.** Термодинамика процесса дегидратации пентагидронитрата тория (IV) / Ф.А. Хамидов, И.У. Мирсаидов, К.М. Назаров, С.К. Насриддинов, А. Бадалов // Материалы 4-ой Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования». - Душанбе, ТТУ, 2010. -С. 243-244.

16. Mirsaidov, I.U. Thermodynamic characteristics of de-hydration process of thorium nitrate (VI) / I.U. Mirsaidov, **F. Khamidov**, A. Badalov // 17th International Conf. on «Solid Compounds of transition elements». -Annency, France, 2010. -P.39.

17. **Хамидов, Ф.А.** Термическая устойчивость пентагидратонитрата тория / Ф.А. Хамидов, И.У. Мирсаидов, К.М. Назаров, А. Бадалов // Материалы республиканской научно-практич. конф. «Проблемы современной координационной химии». -Душанбе, ТНУ, 2011. -С.44-45.

18. **Хамидов, Ф.А.** Характерные особенности и термодинамические свойства процесса дегидратации $\text{Th}(\text{NO}_3)_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ / Ф.А. Хамидов, И.У.

- Мирсаидов, И.З. Хакеров, Ф.Д. Саломов, А. Бадалов // XVIII Междунар. конф. «Химическая термодинамика в России». -Самара, 2011. -Ч.1. -С.141.
19. Мирсаидов, У.М. Процессы дегидратации и термического разложения кристаллогидратов уранилсульфата и пентагидратонитрата тория (IV) / У.М. Мирсаидов, **Ф.А. Хамидов**, Ф.Д. Саломов, Д.Д. Камолов // Материалы 6-ой Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования». -Душанбе, ТГУ, 2012. -Ч.2. –С.154-156.
20. **Хамидов, Ф.А.** Термодинамические характеристики процесса термического разложения кристаллогидратов нитратов уранила и тория (IV) / Ф.А. Хамидов, И.У. Мирсаидов, Ф.Д. Саломов, М.Ю. Акрамов, М.А. Бадалова // Труды XIV Междунар. конф. по термическому анализу и калориметрии в России (RTAC-13). - СПб, СПбГПУ, 2013. -С.58-59.
21. **Хамидов, Ф.А.** Характерные особенности процесса дегидратации кристаллогидрата нитрата тория (IV) / Ф.А. Хамидов, Ф.Д. Саломов, К.М. Назаров // Материалы Республиканской научной конференции ДГПУ им. С.Айни. -Душанбе, 2013. -С.54-55.
22. **Хамидов, Ф.А.** Термическое разложение и термодинамические характеристики нитрата и оксида тория (IV) / Ф.А. Хамидов, Дж.Д. Камолов, Ф.Д. Саломов, К.М. Назаров // Материалы республиканской конференции по ядерно-физическим методам анализа состава биологических, геологических, химических и медицинских объектов. – Душанбе, ТНУ, 2014. -С.65-69.
23. **Хамидов, Ф.А.** Энтальпия образования различных оксидов актиноидов / Ф.А. Хамидов, И.У. Мирсаидов, К.М. Назаров, А. Бадалов // Республ. конф. проф.-препод. состава Таджикского аграрного университета им.Ш.Шотемура. - Душанбе, 2014.
24. **Хамидов, Ф.А.** Сравнительный анализ термодинамических характеристик оксидов лантаноидов (III) и актиноидов (III) / Ф.А. Хамидов, У.М. Мирсаидов, А. Бадалов // Материалы XXVI Международной Чугаевской конференции по координационной химии. –Казань, Россия, 2014. –С. 448.
25. **Khamidov, F.A.** Systematic analysis of enthalpy of the actinide oxides formation / F.A. Khamidov, I.U. Mirsaidov, A.V. Badalov // XX International conference on chemical thermodynamics in Russia. -Nizhni Novgorod, 2015. -P. 83.
26. Мирсаидов, И.У. Физико-химические основы выделения урановых концентратов из отходов урановой промышленности / И.У. Мирсаидов, Б.Б. Баротов, **Ф.А. Хамидов**, Ж.А. Мисратов, Х.М. Назаров // Материалы Междунар. научно-практич. конф., посвящ. 115-летию персидско-таджикского учёного-энциклопедиста, врача, алхимика и философа Абу Бакра Мухаммада ибн Закария Рази. -Душанбе, 2015. -С.16-17.
27. **Хамидов, Ф.А.** Оценка энтальпии образования оксидов 4f- и 5f-элементов / Ф.А. Хамидов, А. Бадалов, И.У. Мирсаидов, А.М. Баротов, И.З. Хакёров: Там же. -С.18-19.
28. Исмоилов, И.Р. Термические и термодинамические характеристики процесса сублимации лантаноидов / И.Р. Исмоилов, М.С. Исламова, **Ф.А.**

Хамидов, И.У Мирсаидов: Там же. –С.110-112.

29. Мирсаидов, И.У. Опытнo-промышленные испытания сорбционных свойств местных сырьевых материалов при очистке урансодержащих руд / И.У. Мирсаидов, **Ф.А. Хамидов**, Н. Рахматов // Материалы XII Нумановских чтений «Состояние и перспективы развития органической химии в Республике Таджикистан». – Душанбе, 2015. -С.72-73.

30. Мирсаидов, И.У. Физико-химические и технологические основы переработки урансодержащих отходов Таджикистана / И.У. Мирсаидов, Н. Хакимов, **Ф.А. Хамидов**, Х.М. Назаров // Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции «Проблемы материаловедения в Республике Таджикистан», посвящ. «Дню химика» и 80-летию со дня рожд. академика Международной инженерной академии Вахобова Анвара Вахобовича. - Душанбе, 2016. –С.224-226.

31. Мирсаидов, И.У. Извлечение уранового концентрата из различных сырьевых ресурсов Таджикистана / И.У. Мирсаидов, Б.Б. Баротов, Н.Н. Рахматов, **Ф.А. Хамидов**, М.З. Ахмедов: Там же. –С.226-228.

32. Хамидов Ф.А. Термодинамические свойства актиноидов, полученных из урановых концентратов Таджикистана/ **Ф.А. Хамидов**, С.В. Муминов, С.М. Бахронов, И.У. Мирсаидов // Сборник материалов Второй международной научно-практической конференции «Роль молодых ученых в развитии науки, инноваций и технологий» - Душанбе, 2017-С. 61-62

33. Мирсаидов У.М. Физико-химические основы получения урановых концентратов из местных сырьевых материалов Таджикистана / У.М. Мирсаидов, Х.М. Назаров, **Ф.А. Хамидов**, И.У. Мирсаидов // В сборнике: Сахаровские чтения 2017 года: экологические проблемы XXI века Материалы 17-й международной научной конференции: в 2-х частях. Под общей редакцией С. А. Маскевича, С. С. Позняка.- Минск, Белоруссия, 2017.- С. 96-97

34. Мирсаидов У.М. Радиологический мониторинг хвостохранилищ Таджикистана и выделение уранового концентрата из отходов урановой промышленности / У.М. Мирсаидов, **Ф.А. Хамидов**, С.М. Бахронов, С.В.Муминов : Там же.- С. 97

Шарҳи мухтассар

ба рисолаи диссертационии Ҳамидов Фарҳод Абдуфатоҳович дар мавзӯи «Асосҳои физикаю химиявии ҷудокунии концентрати уран аз партовҳо ва тавсифоти термодинамикии пайвастагиҳои торий ва уран» барои дарёфти дараҷаи унвони илмии номзади илмҳои техникӣ аз рӯи итисоси 05.17.01-технологияи моддаҳои ғайриорганикӣ

Рисолаи диссертационӣ ба омӯзиши асосҳои физикавию химиявии истихроҷи концентрати уран аз партовҳои саноати уранӣ, омӯзиши тавсифоти термодинамикии пайвастагиҳои торий уран ва таҳияи усулҳои таҷзияи партовҳои саноати уран бо кислотаи сулфат, ин чунин истихроҷи уран аз обҳои конӣ ва ҷоҳӣ бо ёрии сорбентҳои маҳаллӣ баҳшида шудааст.

Дар рисолаи мазкур хосияти индикатор будани пӯчоқи донаки зардолу дар меваи он исбот карда шудааст ва санҷиши таҷрибавию саноатии хосиятҳои сорбсионии пӯчоқи донаки зардолу оварда шудааст. Нақшаи принципалии технологияи истихроҷи концентрати уран аз партовҳои саноати уранӣ тартиб дода шудааст.

Марҳилаи муҳими минбадаи тадқиқот ин бо усули тензиметрӣ омӯхтани тавсифоти термодинамики раванди таҷзияи ҳароратии пайвастагиҳои торий уран мебошад. Тавсифи зинагии раванди дегидрататсияи гидратҳо, нитратҳо ва сулфатҳои баъзе актиноидҳо муқаррар карда шудааст. Фосилаҳои ҳароратии гузариши зинаҳои алоҳидаи раванди мазкур, инчунин таҷзияи ҳароратии пайвастагиҳои уранилҳо муайян карда шудаанд. Тавсифоти термодинамики равандҳои омӯхташуда ва пайвастагиҳои алоҳидаи торий уранилҳо ҳисоб карда шудаанд. Тавсифоти термодинамики нитрат ва сулфати уранил ва торий гирифта шудаанд.

Қаҷхати кинетики таҷзияи партовҳои урании ш.Бӯстон гирифташудаанд ва энергияи ғаъолсози таҷрибавӣ, ки ба 6,0 кДж/моль баробар аст муайян карда шудааст ва ин аз гузаштани раванди таҷзияро дар муҳити диффузиониро исбот мекунад.

Тавсифоти муқоисавии лантаноидҳо ва актиноидҳо оварда шудааст. Ин маълумотҳо имкон доданд, ки қонуният дар тайғирёбӣ энталпияи ҳосилшавии оксидҳо вобаста аз рақами тартибии лантаноидҳо ва актиноидҳо, ки тавсифи якхела бо зоҳиршавии тетрад-эффакт дар ҳудуди қатори табиӣ оксидҳои ҳамшабеҳ доранд, муқаррар кунем.

Калимаҳои калидӣ: партовҳои уранӣ, уран, торий, термодинамика, лантаноидҳо, актиноидҳо, уранил, пӯчоқи донаки зардолу.

Резюме
на диссертационную работу Хамидова Фархода Абдуфатовича на
тему: «Физико-химические основы выделения уранового концентрата из
отходов урановой промышленности и термодинамические
характеристики торий-урановых соединений», представленной на
соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.17.01 – технология неорганических веществ

Диссертационная работа посвящена разработке физико-химических основ извлечения уранового концентрата из отходов урановой промышленности, изучению термодинамических характеристик торий-урановых соединений и разработке методов сернокислотного разложения отходов урановой промышленности, а также извлечению урана из шахтных, дренажных вод при помощи местных сорбентов.

В проделанной работе доказано, что скорлупа урюка является индикатором в плодах урюка и проведены опытно-промышленные испытания сорбционных свойств скорлупы урюка. Разработаны принципиальные технологические схемы извлечения уранового концентрата из отходов урановой промышленности.

Следующим важным этапом исследования является то, что, методом тензиметрии изучены термодинамические характеристики процесса термического разложения торий-урановых соединений. Установлен ступенчатый характер процесса дегидратации гидратов, нитратов и сульфатов некоторых актиноидов. Определены температурные интервалы протекания отдельных ступеней данного процесса, также термического разложения ураниловых соединений. Рассчитаны термодинамические характеристики изученных процессов и индивидуальных торий-ураниловых соединений. Получены термодинамические характеристики нитрата и сульфата уранила и тория.

Получены кинетические кривые разложения урановых отходов г.Бустона и найдена экспериментальная энергия активации, которая составляет 6,0 кДж/моль, что свидетельствует о протекании процесса разложения в диффузионной области.

Дана сравнительная характеристика лантаноидов и актиноидов. Эти данные позволили установить закономерности в изменениях энтальпии образования оксидов в зависимости от порядкового номера лантаноидов и актиноидов, имеющие идентичный характер с проявлением известного тетрад-эффекта в пределах естественного ряда сходных оксидов.

Ключевые слова: урановые отходы, уран, торий, термодинамика, лантаноиды, актиноиды, уранил, скорлупа урюка.

SUMMARY

on Khamidov Farkhod Abdufatohovich's dissertation "Physical and chemical basis for the extraction of uranium concentrate from uranium industry waste and thermodynamic characteristics of thorium-uranium compounds", which represented for getting science degree of candidate of technical science by specialty 05.17.01- - technology of inorganic substances

The thesis is devoted to the development of physico-chemical bases for extracting uranium concentrate from uranium industry waste, studying the thermodynamic characteristics of thorium-uranium compounds, and developing methods for the sulfuric acid decomposition of uranium industry waste, and for extracting uranium from mine drainage waters using local sorbents.

In this work, it was proved that the shell of the apricot is an indicator in the apricot and experimental-industrial tests of the sorption properties of the shell of the apricot were carried out. Basic technological schemes for extraction of uranium concentrate from uranium industry waste have been developed.

The next important stage of the study is that the thermodynamic characteristics of the process of thermal decomposition of thorium-uranium compounds have been studied by tensimetry. The stepwise nature of the dehydration of hydrates, nitrates and sulfates of certain actinides is established. The temperature intervals of the flow of individual stages of this process, as well as the thermal decomposition of uranyl compounds, are determined. The thermodynamic characteristics of the studied processes and individual thorium-uranyl compounds are calculated. The thermodynamic characteristics of uranyl and thorium nitrate and sulfate were obtained.

Kinetic curves for the decomposition of uranium waste from the city of Buston were obtained and an experimental activation energy of 6.0 kJ / mol was found, which indicates the course of the decomposition process in the diffusion region.

Comparative characteristics of lanthanides and actinides are given. These data made it possible to establish regularities in the changes in the enthalpy of formation of oxides as a function of the order number of lanthanides and actinides, which are identical in character with the manifestation of the known tetrad effect within the natural range of similar oxides.

Key words: uranium waste, uranium, thorium, thermodynamic, lanthanides, actinides, uranyl, shell of the apricot

Разрешено к печати 05.10.2017г. Подписано в печать
11.10.2017г. Бумага офсетная. Формат 60x84 1/16
Гарнитура литературная. Печать офсетная.
Усл.печ.л.1,81. Тираж 100 экз. Заказ №65

ОАО «Чопхонаи Дониш»: 734063,
г.Душанбе, улица Айни 299/4