

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата технических наук Морданова Сергея Вячеславовича на диссертацию **Наливайко Ксении Андреевны «Разработка технологии извлечения урана из твердых радиоактивных отходов конверсионного уранового производства»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.**

Актуальность темы диссертации

На сегодняшний день предприятиями атомной промышленности накоплено большое количество твердых радиоактивных отходов (ТРО), образовавшихся при добыче и переработке природного урана. Общий объем таких накопленных ТРО во всем мире достигает до 2 миллиардов тонн. При этом содержание урана и радиационная активность ТРО, образовавшихся при добыче и переработке природного урана, варьируются в достаточно широких пределах. Обращение и, в частности, переработка радиоактивных отходов связаны с решением актуальных для атомной промышленности задач, как экономических, так и экологических. Федеральное законодательство и Федеральные нормы и правила Российской Федерации, регулирующие обращение с радиоактивными отходами, предписывают снижать объемы радиоактивных отходов, в том числе и накопленных.

В своей диссертации Ксения Андреевна Наливайко рассматривает разработку технологических решений переработки накопленных ТРО конверсионного уранового производства АО «Чепецкий механический завод» с целью, как снижения объема накопленных ТРО, так и последующего использования полученного в результате переработки ТРО урана в ядерном топливном цикле. В связи с этим актуальность выбранной соискателем темы диссертации не вызывает сомнений. Так же следует отметить, что результаты диссертационного исследования направлены на решения конкретных задач производственных предприятий атомной промышленности России.

Целью диссертации является разработка технологии извлечения урана из твердых радиоактивных отходов конверсионного уранового производства для последующего использования его в ядерно-топливном цикле.

Для достижения поставленной цели соискателем были сформулированы и решены следующие задачи:

1. провести литературный обзор о существующих способах переработки твердых РАО;
2. определить физико-химические характеристики твердых РАО хвостохранилища № 2;
3. установить основные параметры процесса выщелачивания урана из РАО;
4. провести выбор ионитов и условий ионного обмена, обеспечивающих концентрирование и очистку урана из продуктивных растворов различного состава с получением конечного продукта – концентрата урана. - разработать технологию извлечения урана из твердых РАО;

5. разработать технологию извлечения урана из твердых радиоактивных отходов.

Структура и основное содержание диссертации

Представленная диссертация изложена на 172 с. машинописного текста и состоит из списка условных сокращений и обозначений, введения, пяти глав, заключения и списка литературы из 146 наименований. **Во введении** автор обосновывает актуальность темы, приводит оценку степени ее разработанности, определяет цель и формулирует задачи работы, приводит сведения о научной новизне, теоретической и практической значимости работы. **В первой главе** диссертации автор приводит обзор отечественных и зарубежных источников по теме исследования, на основании которого формулирует пути решения поставленных задач. **Во второй главе** автор приводит методики проведения экспериментальных исследований по определению физико-химических характеристик ТРО хвостохранилища № 2 АО «ЧМЗ», процессов выщелачивания урана из ТРО, анализа химического состава продуктивных растворов, процессов сорбции и десорбции урана, также в данной главе приведены наименования использованного автором лабораторного оборудования и оценки относительной погрешности использовавшихся методик. **В третьей главе** автор приводит результаты исследования физико-химических характеристик ТРО хвостохранилища № 2 АО «ЧМЗ»: их фазовый и химический, сведения о форме гранул подготовленных образцов и их гранулометрическом составе, радиохимический состав, в частности по изотопам урана. В данной главе автор рассматривает результаты лабораторных исследований по различным вариантам организации выщелачивания урана из исследуемых РАО: сернокислотное, азотнокислое, солянокислое, карбонатное выщелачивание, а также комбинированные варианты, из которых как наиболее целесообразное выделяет комбинированное содово-азотнокислое выщелачивание. Также автор приводит оценка снижения объемов ТРО для рассмотренных вариантов организации выщелачивания и оценку радиационной активности нерастворимых осадков выщелачивания, в том числе в соответствии с СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)». **В четвертой главе** диссертации автором рассмотрены результаты исследования процессов сорбции, десорбции и осаждения урана при переработке ТРО хвостохранилища № 2 АО «ЧМЗ» из растворов выщелачивания по вариантам, рассмотренным в третьей главе диссертации. Особое внимание автор уделяет ионному состоянию урана в продуктивных растворах выщелачивания, а также выбору и сорбционным характеристикам доступных ионитов зарубежного и отечественного производства для продуктивных растворов, полученных при выщелачивании урана из ТРО хвостохранилища № 2 АО «ЧМЗ» в соответствии с вариантами, рассмотренными в третьей главе диссертации. Также в данной главе автор предлагает способ осаждения урана из карбонатных растворов в виде уранилфосфата аммония путем термогидролиза с использованием ионов фосфора, находящихся в продуктивном растворе. **В пятой главе** диссертации автор приводит технологические схемы и режимы переработки ТРО хвостохранилища № 2 АО «ЧМЗ» для двух разработанных ей по результатам выполненных исследований вариантов технологического

оформления: по сернокислотной схеме и по содово-азотнокислой схеме. Также в данной главе автор приводит результаты опытно-промышленных испытаний сернокислотной схемы переработки твердых радиоактивных отходов конверсионного уранового производства на АО «ЧМЗ». В заключении автор обобщает основные результаты выполненных исследований, приводит общие выводы по работе в соответствии с поставленной целью и со сформулированными во введении задачами, приводит перспективы дальнейшей разработки темы.

Научная новизна диссертационной работы

На основании комплекса проведенных физико-химических исследований, соискателем впервые установлен состав и морфология твердых РАО, отобранных из хвостохранилища № 2 АО «ЧМЗ», определены форма нахождения в них урана и характер распределения урана в осадке.

Автором экспериментально установлены основные закономерности процесса выщелачивания урана из твердых РАО хвостохранилища № 2 АО «ЧМЗ», а также поведение основных компонентов твердых РАО в ходе выщелачивания урана. Показано влияние на процесс выщелачивания урана следующих технологических параметров: химического состава растворителя, температуры процесса и продолжительности процесса выщелачивания.

Автором установлены закономерности сорбции урана в статическом и динамическом режимах из продуктивных растворов выщелачивания твердых РАО ионитами различного класса и строения.

Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты, полученные автором, вносят вклад в разработку физико-химических основ переработки техногенных образований, со держащих радиоактивные элементы, и могут быть использованы при разработке технологий переработки, накопленных урансодержащих отходов на территории России, что позволит вернуть в ядерно-топливный цикл несколько тысяч тонн урана и сократить объем накопленных на предприятиях ТРО.

Автором предложены сернокислотная и содово-азотнокислая технологии переработки твердых РАО хвостохранилища № 2 АО «ЧМЗ», для предложенных технологий переработки разработаны технологические схемы процессов переработки РАО с извлечением урана и сокращением объема накопленных ТРО.

В результате опытно-промышленных испытаний по реализации разработанной соискателем сернокислотной технологии переработки РАО на АО «ЧМЗ» переработано 400 т урансодержащих ТРО и получено 2,5 т концентрата с массовой долей урана 2,34-5,40%.

Достоверность результатов и обоснованность выводов работы подтверждается большим объемом взаимодополняющих лабораторных исследований, а также согласованием экспериментальных данных с теоретическими положениями, представленными в литературе. При выполнении экспериментальных исследований и обработке их результатов автор использует известные методы и измерительное оборудование, соответствующее требованиям к проведению таких исследований. Определенные автором погрешности измерений также не превышают общепринятый в научно-технической практике уровень.

Апробация работы

Основное содержание работы представлено в 14 публикациях: трех статьях в международных научных изданиях, реферируемых в базах данных Scopus, Web of Science, и одиннадцати тезисах и докладах Международных и Всероссийских конференций: VII, VIII, IX Международной молодежной научной конференции Физика. Технологии. Инновации (Екатеринбург, 2020, 2021, 2022), XXX Российской молодежной научной конференции с международным участием «Проблемы теоретической и экспериментальной химии» (Екатеринбург, 2020), XVII Всероссийской научной конференции молодых ученых «НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ» (Новосибирск, 2023).

Вопросы и замечания по диссертации:

1. Для предложенных автором сернокислотной и содово-азотнокислой технологий переработки ТРО неизбежно образование стоков, а для содово-азотнокислой технологии также образование газовых выбросов (при прокатке). Вместе с тем автор в диссертации не приводит оценки объемов, химического состава и радиационной активности стоков и выбросов по предложенным технологиям и оценку технических и технологических решений по их переработке.
2. Автор не приводит материальные балансы по предложенным технологиям извлечения урана из ТРО, в частности в диссертации отсутствуют сведения о затратах пара и воды на осуществление переработки урансодержащих ТРО АО «ЧМЗ».
3. В четвертой главе диссертации автор подробно рассматривает основные параметры процессов сорбции урана из продуктивных растворов, но, при этом, не приводит изотермы сорбции.
4. Возможно ли предварительное физическое обогащение исходных урансодержащих ТРО АО «ЧМЗ» по урану для предложенных автором сернокислотной и содово-азотнокислой технологий переработки?
5. При выполнении расчетов по диссертации автор использует программное обеспечение Medusa-Hydra. По тексту диссертации нет пояснений, что это за программное обеспечение, по каким принципам оно работает, вносит ли оно дополнительную погрешность (погрешность методов) в результаты расчета.
6. Автор по тексту диссертации не ссылается на свои опубликованные работы.

Заключение по работе

Диссертация Наливайко Ксении Андреевны на тему «Разработка технологии извлечения урана из твердых радиоактивных отходов конверсионного уранового производства», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов, является законченной научно-квалификационной работой, направленной на решение важной и актуальной задачи атомной промышленности Российской Федерации. Работа выполнена на высоком исследовательском уровне, а полученные автором результаты представляют высокий научный и практический интерес.

Представленные диссертация и автореферат соответствуют паспорту специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов. Автореферат диссертации в полной мере соответствует тексту диссертации, отражает ее основное содержание, результаты выполненных автором исследований и основные выводы по работе.

Представленная диссертация удовлетворяет требованиям п.9–14 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, а ее автор, **Наливайко Ксения Андреевна**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности **2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов**.

Официальный оппонент:

кандидат технических наук (специальность 2.6.8 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов), доцент кафедры машин и аппаратов химических и атомных производств Химико-технологического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Контактная информация:

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», 620062, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19

Телефон: +7(343)375-44-48

Адрес электронной почты: s.v.mordanov@urfu.ru

Подпись Морданова С.В. заверяю:

Ученый секретарь Ученого совета УрФУ,

к.т.н., доцент

Морданов Сергей Вячеславович
«02» декабря 2024 г.



Морозова