

“Утверждаю”

**Член Правления – Проректор по
науке и корпоративному развитию
КазНТУ им. Сатпаева**

Кульдеев Е.И.



ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА №2

Расширенного заседания кафедр

“Металлургии и обогащения полезных ископаемых” и

**“Металлургические процессы, теплотехники и технологии специальных
материалов”**

Горно-металлургического института имени О.А. Байконурова

г. Алматы

“13” июня 2025 г.

Председатель: Барменшинова М.Б. – к.т.н., ассоц. проф., зав. каф.
МиОПИ

Секретарь: Тажиев Е.Б. – доктор PhD, ассоц. проф. кафедры МиОПИ

Присутствовали (в соответствии с Положением о Диссертационном совете, не менее 2/3 членов кафедры): всего присутствовало 23 человека, из них 19 членов профессорско-преподавательского состава кафедр МИОПИ, также сотрудники АО «Институт Metallургии и Обогащения»:

– от кафедры «Металлургии и обогащения полезных ископаемых»
Барменшинова М.Б. – к.т.н., ассоц. проф., зав. кафедрой; Баимбетов Б.С. – к.т.н., профессор; Досмухамедов Н.К. – к.т.н., профессор; Турысбекова Г.С. – к.т.н., профессор; Байгенженов О.С. – доктор PhD, профессор; Чепуштанова Т.А. – к.т.н., доктор PhD, профессор; Койшина Г.М. – доктор PhD, ассоц. профессор; Молдабаева Г.Ж. – к.т.н., ассоц. профессор; Мотовилов И.Ю. – доктор PhD, ассоц. профессор; Усольцева Г.А. – к.т.н., ассоц. профессор; Мамырбаева К.К. – доктор PhD, ассоц. профессор; Тажиев Е.Б. – доктор PhD, ассоц. профессор; Мамбеталиева А.Р. – доктор PhD, ассоц. профессор; Акказина Н.Т. – магистр, преподаватель; Джуманкулова С.К. – доктор PhD, старший преподаватель; Юлусов С.Б. – доктор PhD, ассоциированный профессор; Меркибаев Е.С. – доктор PhD, старший преподаватель;

Алтмышбаева А.Ж. – магистр, старший преподаватель; Акбаров М.С. – инженер.

– от АО «Институт металлургии и обогащения» присутствовало 6 человек: Кенжалиев Б.К. – ген. директор, д.т.н., профессор; Квятковский С.А. – заведующий лабораторией пирометаллургии тяжелых цветных металлов; Беркинбаева А.Н. – заведующая химико-аналитической лабораторией, к.т.н.; Абиак Е. – МНС, PhD докторант.

– от АО «КБТУ» присутствовал 1 сотрудник - Шарипов Рустам Хасанович, PhD, руководитель Лаборатории перспективных материалов и технологии.

ПОВЕСТКА ДНЯ:

Обсуждение диссертационной работы PhD докторанта кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» Эбдікерім Бекзата Ерубайұлы на тему «Получение модифицированных сорбентов на основе природного сырья для извлечения урана», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07204 – «Металлургическая инженерия».

Научные консультанты:

– Кенжалиев Багдаулет Кенжалиевич, доктор технических наук, профессор, ген. директор АО «ИМиО».

– Суркова Т.Ю. к.т.н., ассоц. профессор, в.н.с. лаборатории специальных методов гидрометаллургии АО «ИМиО»

– Бражендра Мишра, доктор PhD, директор Института обработки металлов, профессор Вустерского политехнического института, г. Вустер, США.

Рецензенты:

– Баимбетов Б.С. – к.т.н., профессор кафедры «Металлургии и обогащения полезных ископаемых»;

– Досмухамедов Н.К., – к.т.н., профессор кафедры «Металлургии и обогащения полезных ископаемых».

СЛУШАЛИ:

Председатель Барменшинова М.Б.: Эбдікерім Бекзат Ерубайұлы обучался в докторантуре КазННТУ им. К.И. Сатпаева по специальности 8D07204 – «Металлургическая инженерия» в НАО КазННТУ им. К.И.Сатпаева в 2019-2022 гг.

В настоящее время диссертационная работа на тему: «Получение модифицированных сорбентов на основе природного сырья для извлечения урана», утвержденная на Ученом совете КазННТУ имени К.И.Сатпаева от 3 декабря 2019 г. (приказ № 434-д) была завершена полностью. Работа

выполнялась в АО «Институт Metallургии и Обогащения». Научный консультант: Кенжалиев Багдаулет Кенжалиевич.

Для проведения экспертизы по диссертации Әбдікерім Бекзат Ерубайұлы были назначены рецензенты, компетентные в соответствующей отрасли, Баимбетов Б.С. – к.т.н., профессор кафедры «Metallургии и обогащения полезных ископаемых», Досмухамедов Н.К. – к.т.н., профессор кафедры «Metallургии и обогащения полезных ископаемых», которые подготовили рецензии по диссертации.

К предзащите представлена диссертационная работа докторанта специальности 8D07204 – «Metallургическая инженерия» Әбдікерім Бекзата Ерубайұлы на тему: «Получение модифицированных сорбентов на основе природного сырья для извлечения урана».

Если нет вопросов по повестке дня, слово предоставляется Әбдікеріму Бекзату. Регламент 20 минут на презентацию доклада.

Әбдікерім Бекзат: Здравствуйте, уважаемые присутствующие! Разрешите представить вашему вниманию свою диссертационную работу на тему: «Получение модифицированных сорбентов на основе природного сырья для извлечения урана». В докладе отражены актуальность представленной темы, ее новизна, цель, задачи работы, основные положения, выносимые на защиту, основные результаты диссертационной работы и выводы по диссертации.

СЛУШАЛИ: Слушали Әбдікеріма Бекзата, который в своем докладе изложил суть диссертационной работы. Доклад был представлен в форме презентации. В ходе доклада были освещены следующие вопросы:

1. Актуальность исследуемой проблемы.
2. Цель и задачи диссертационного исследования.
3. Научная новизна.
4. Основные положения, выносимые на защиту.
5. Практическая значимость диссертации.
6. Методы исследования.
7. Результаты исследования.
8. Заключение и выводы.

Председатель Барменшинова М.Б.: Давайте теперь заслушаем научных консультантов. Слово предоставляется Кенжалиеву Б.К. – д.т.н., профессор, Ген.дир. АО «ИМиО».

Кенжалиев Б.К. – д.т.н., профессор, Ген.дир. АО «ИМиО»: В процессе выполнения диссертационной работы Әбдікерім Б.Е. продемонстрировал выдающиеся качества самостоятельного и целеустремленного исследователя. Он значительно повысил свой теоретический и практический уровень, успешно освоив современные методологии исследований и проведя ряд значимых экспериментов в рамках своей диссертационной работы. Отличительной чертой Әбдікерім Бекзата

является его аккуратность в выполнении поставленных задач, что обеспечило воспроизводимость полученных результатов.

Диссертационная работа является законченным исследованием, выполненным на высоком научном и теоретическом уровне. Работа имеет явное практическое значение и отвечает всем требованиям, предъявляемым к PhD диссертациям. Исследование **Әбдікерім Б.Е.** по своей актуальности, научному уровню, новизне, значимости результатов и объему проведенных исследований полностью соответствует критериям для PhD диссертаций и рекомендуется к защите в диссертационном совете по специальности 8D07204 – «Металлургическая инженерия».

Диссертация характеризуется высокой степенью оригинальности и новизны. Разработанная технология обладает рядом преимуществ в условиях использования на производстве и может быть рекомендована к внедрению на урановых месторождениях. Результаты работы уже нашли практическое применение, что подтверждается патентами и публикациями в ведущих научных журналах.

Представленная работа по научному уровню и практической значимости полностью отвечает требованиям Комитета по контролю в сфере науки и высшего образования МНВО РК, а его автор - **Әбдікерім Б.Е.** заслуживает присуждения степени доктора философии PhD по специальности 8D07204 – «Металлургическая инженерия»

Положительный отзыв зарубежного консультанта Бражендры Мишры прилагается.

Председатель Барменшинова М.Б.: Давайте теперь заслушаем отзывы рецензентов. Слово предоставляется рецензенту Баимбетову Б.С.-к.т.н., профессор кафедры «Металлургии и обогащения полезных ископаемых».

Баимбетов Б.С. – к.т.н., профессор кафедры «МиОПИ»: Уважаемые коллеги, актуальность темы исследования у меня не вызывает сомнений. Хотел бы отметить, что рассматриваемая диссертационная работа Бекзата Ерубайұлы затрагивает крайне актуальную проблему урановой промышленности. В нашей стране широко применяется метод подземного кислотного выщелачивания урановых руд с последующей обработкой полученных растворов на поверхности методами ионного обмена. В результате данных процессов образуются значительные объёмы жидких отходов — так называемые маточные растворы уранового производства. Эти растворы содержат до 1–3 г/л серной кислоты, сульфаты различных металлов, а также остаточные количества урана.

В настоящее время такие растворы повторно закачиваются в подземные скважины с расчётом на их природное обезвреживание. Однако этот подход несёт в себе экологические риски: существует вероятность поступления остаточных компонентов в водоносные горизонты, что может привести к

загрязнению питьевой и оросительной воды. Следовательно, вопрос эффективной очистки и обезвреживания маточных растворов остаётся крайне актуальным.

Диссертационная работа Бекзата Ерубайұлы направлена на решение данной проблемы путём использования сорбентов для удаления загрязняющих веществ из указанных растворов. Особый интерес вызывает выбор исследуемых материалов: автор предлагает использовать в качестве сорбентов отходы фосфорного производства, в частности, фосфорсодержащие шлаки, образующиеся при электроплавке фосфорных руд. Фосфорная промышленность была широко развита на территории Казахстана в советское время и остаётся значимой отраслью по сей день, что делает предложенное направление особенно перспективным.

В работе проведено комплексное исследование природных сорбентов — шунгита, цеолита, а также фосфорных шлаков — как в исходном виде, так и после различных методов активации. Использован ряд физико-химических методов анализа, позволивших выявить увеличение сорбционной активности материалов, что напрямую связано с увеличением их удельной поверхности и развитием пористой структуры. Применялись термическая, кислотная и карбонатная обработки сорбентов с целью повышения их эффективности.

С учётом того, что разработка новых материалов, таких как сорбенты, относится к области технологии неорганической химии, а их применение для извлечения металлов — к металлургическому направлению, было признано, что тема соответствует профилю совета.

Научная новизна работы заключается в исследовании возможностей применения активированных отходов фосфорного производства в качестве сорбентов, в изучении механизмов активации и повышении сорбционной активности. Практическая значимость диссертационного исследования также очевидна: использование дешёвых и доступных материалов для очистки сточных вод уранового производства, при условии масштабируемости технологии, может иметь широкое промышленное применение.

Ранее у меня были замечания, касающиеся чрезмерного объёма описаний методик анализа, которые затрудняли восприятие основной идеи работы. Однако после соответствующих исправлений автор сосредоточился на ключевых аспектах: активации сорбентов, их применении и результатах очистки растворов. После соответствующих исправлений автор сосредоточился на ключевых аспектах: активации сорбентов, их применении и результатах очистки растворов. Оставшиеся замечания носят редакционный характер и, уверен, будут учтены автором.

В целом, считаю, что диссертационная работа отвечает всем требованиям, предъявляемым к подобным исследованиям, и может быть рекомендована к защите.

Председатель Барменшинова М.Б.: Спасибо за рецензию! Докторант, Вы согласны с замечаниями?

Әбдікерім Б.: Да, согласен. Спасибо!

Председатель Барменшинова М.Б.: Следующее слово предоставляется второму рецензенту Досмухамедову Н.К., – к.т.н., профессор кафедры «МИОПИ».

Досмухамедов Н.К. – к.т.н., профессор кафедры «МиОПИ»: Внимательно ознакомившись с диссертационной работой Әбдікерім Бекзата, хотел бы сказать, что диссертационная работа представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком современном научном и теоретическом уровне, имеет практическое значение, отвечает всем требованиям, предъявляемым к докторской диссертации PhD. Тема работы актуальна и результаты исследований свидетельствуют о значительном вкладе в развитие изучаемой области.

Работа, безусловно, претерпела значительные качественные изменения после первого обсуждения. Она стала более содержательной, логически и структурно выстроенной, интересной на научном уровне. Вместе с тем, хотел бы обратить внимание диссертанта на ряд важных аспектов.

При презентации подобной важной прикладной работы необходимо чётко формулировать, какие результаты выносятся на защиту, что именно защищает диссертант, а также какова научная новизна исследования. Задачи и результаты, представленные в диссертации, должны быть напрямую связаны с заявленной научной новизной. В настоящее время между этими элементами наблюдаются расхождения, которые следует устранить.

Следует чётко выделить ключевое преимущество работы — модификацию сорбента на основе природных минералов с добавлением отходов фосфорного производства. Это решение одновременно затрагивает как технологические, так и экологические аспекты. Использование техногенных отходов (фосфорных шлаков) для получения новых сорбентов, применяемых для извлечения урана, является актуальной задачей, демонстрирующей межотраслевой подход.

Кроме того, в диссертации впервые раскрывается механизм взаимодействия компонентов фосфорного шлака и их влияние на сорбционную активность полученного материала. Это необходимо ясно и чётко отразить как в тексте, так и в презентации.

Вопрос, поднятый Татьяной Александровной, касался термического анализа — следует подчеркнуть различия, выявленные в результате термического анализа именно при модификации природных минералов фосфорными отходами. В частности, изменения фазовых переходов при добавлении шлаков к шунгиту требуют особого акцента.

Также следует доработать обоснование выбора именно этого фосфорного шлака. Необходимо представить не только общие, но и чёткие научные

аргументы. Например, если делается вывод о влиянии оксида фосфора на повышение сорбционной активности, то нужно корректно соотнести это с приведёнными количественными данными и отличить этот эффект от влияния других компонентов, таких как волластонит.

При обсуждении результатов извлечения урана желательно пояснить, является ли сопутствующее извлечение железа положительным или отрицательным фактором, как оно влияет на общий процесс и на цели диссертационного исследования.

Отдельно следует выделить экологическую составляющую работы и подчеркнуть соответствие современных подходов циркулярной экономике и зелёным технологиям, что особенно актуально в контексте обезвреживания отходов и продуктивного извлечения урана.

В завершение хочу отметить значительный прогресс в качестве представленной работы по сравнению с предыдущим обсуждением. Доклад построен логично, ответы даны грамотно, демонстрируя глубокое понимание темы. Рекомендуются доработать презентационный материал, усилив акценты на научной новизне и практической значимости результатов.

Работа является интересной и ценной как в теоретическом, так и в прикладном плане, соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям. Поэтому с уверенностью рекомендую к защите на соискание ученой степени доктора PhD.

Председатель Барменшинова М.Б.: Хорошо! Бекзат, Вы согласны с замечаниями?

Әбдікерім Бекзат: Благодарю за полезное замечание, я согласен.

ОБСУЖДЕНИЕ:

Председатель Барменшинова М.Б.: Коллеги, у кого есть вопросы?

Турысбекова Г.С. – к.т.н., ассоц. профессор «МиОПИ»: Здравствуйте, коллеги, у меня есть вопрос. Поясните, пожалуйста, как в вашей системе ведёт себя железо в карбонатной среде. В частности, каким образом происходит взаимодействие железа в условиях карбонатной среды? Можете пояснить, какие химические изменения происходят с компонентами шлака при активации в карбонатной среде? Какие соединения могут образовываться в результате такого взаимодействия, и как они могут повлиять на сорбционные свойства модифицированного материала?

Әбдікерім Бекзат: Я бы хотел отметить, при активировании фосфорного шлака у нас образуются новые активные центры и пустоты. Эти пустоты, они заполняются железом. Тем самым железо, активно сорбируется, а затем уже на поверхности адсорбируется уран.

Активация фосфорного шлака в карбонатной среде представляет собой предварительный этап подготовки модификатора перед его использованием для модификации природного сорбента. В процессе обработки происходит

частичное растворение отдельных компонентов шлака и образование новых соединений, в частности – карбонатов и гидроксидов металлов, в первую очередь кальция, магния и железа.

Карбонатная среда способствует деструкции стеклофаз и раскрытию структуры шлака, что увеличивает его реакционную способность. Например, возможно частичное превращение соединений железа в формы, которые в дальнейшем способны участвовать в формировании активных центров сорбции на поверхности модифицированного материала. Однако, после активации шлак отделяется от жидкой фазы путём фильтрации, и уже только твердую фазу мы используем для модификации природного сорбента.

Таким образом, сама карбонатная среда в дальнейшем в процессе сорбции уже не участвует, но предварительно оказывает важное влияние на свойства будущего сорбента за счёт химических превращений в составе шлака. Это отражается в повышении сорбционной активности модифицированного материала по отношению к урану.

Турсыбекова Г.С. – к.т.н., ассоц. профессор «МиОПИ»: Пожалуйста, объясните ещё раз, в чём заключается экономическая и экологическая эффективность вашей работы. Какие выгоды или преимущества она даёт с точки зрения снижения затрат, увеличения извлечения металлов и уменьшения негативного воздействия на окружающую среду?

Әбдікерім Бекзат: При производстве одной тонны модифицированных сорбентов экономический эффект достигается до 1 297 000 тенге. А тогда как тонна современных ионообменных смол достигает до 2 с половиной миллионов тенге. Но цель ионитов, которые используются на производстве, другая. Потому что наши исследования модифицированные сорбенты, они предназначены для сорбции и жидких различных отходов, где концентрация урана очень маленькая, и объёмы этих редких радиоактивных отходов огромные.

Чепуштанова Т.А. – к.т.н., доктор PhD, профессор «МиОПИ»: Откройте слайд 9. Вот там, где у вас термический анализ. Термограмму. По этой термограмме, какой вы делаете вывод, вот вы в докладе прозвучало, что подтверждено именно наличие там цеолита. Я прошу ещё раз вот сделать вывод по этой термограмме какой вы делаете вывод?

Әбдікерім Бекзат: А вывод заключается в том, что. Здесь подтверждается наличие в составе клиноптилолита кальциевого типа.

Чепуштанова Т.А. – к.т.н., доктор PhD, профессор «МиОПИ»: Требуется коррекция этого вывода. Термический анализ вам не может ничего подтвердить, он вам подтверждает механизмы, значит, стадильность, разложения, фазовые переходы, а вот уже применяя параллельно с термическим анализом рентгена фазовый, там электронный микроскопический, которые дают составные анализы. Следующий вопрос,

каким образом вы посчитали изотермою Ленгмюра? Вы считали вручную, не используя программное обеспечение?

Әбдікерім Бекзат: Я посчитал, по формуле, указанным на слайде. Сорбционную емкость мы нашли, далее посчитал, это все вручную. Также Константы Ленгмюра были просчитаны для цеолита и шунгита.

Мамырбаева К.К. – доктор PhD, ассоц. профессор «МиОПИ»: Какие ещё методы модификации сорбентов, помимо аппретирования, вам известны? Какие реагенты применяются в этих методах? Проводили ли вы сравнение эффективности вашего способа с другими существующими методами модификации, и есть ли в литературе аналогичные исследования?

Әбдікерім Бекзат: В ходе исследования были также рассмотрены методы модифицирования сорбентов с использованием органических экстрагентов, таких как керосин, трибутилфосфат и триалкиламин. На основании сравнительного анализа установлено, что наибольшую эффективность по извлечению урана проявляют модификаторы, содержащие фосфор. Это обусловлено высокой химической аффинностью фосфорсодержащих соединений к уранилу.

Учитывая необходимость снижения себестоимости процесса, в дальнейшем в качестве модификатора был выбран более доступный по стоимости и промышленно перспективный материал — фосфорный шлак.

Кроме того, были исследованы различные методы предварительной активации модификаторов. В частности, изучались условия активации в кислотных средах — соляной и серной кислотах — с целью повышения эффективности последующей модификации природных сорбентов.

Мамырбаева К.К. – доктор PhD, ассоц. профессор «МиОПИ»: Спасибо, теперь это вопрос относительно фосфора. Опишите свойства фосфора за счет чего идет такая активация? Как вы предполагаете? Механизм активации.

Әбдікерім Бекзат: Активация фосфорного шлака обусловлена его химическим составом, в частности присутствием фосфорсодержащих соединений и силикатов кальция, таких как волластонит (CaSiO_3). В процессе предварительной активации, особенно в кислой среде, происходит частичное растворение слабо связанного кальция и силикатов, что способствует образованию микропористой структуры на поверхности материала. Это, в свою очередь, увеличивает удельную поверхность и количество активных центров, способных к взаимодействию с ионами уранила (UO_2^{2+}).

Фосфорсодержащие соединения играют ключевую роль в сорбции урана благодаря высокой химической аффинности к уранилу, что известно из практики использования таких экстрагентов, как трибутилфосфат (ТБФ), ди-2-этилгексилфосфорная кислота (Д2ЭГФК) и других в урановой промышленности. Эти вещества способны образовывать прочные

координационные связи с ионами урана, что и лежит в основе эффективной сорбции.

Таким образом, предполагаемый механизм активации заключается в формировании микропористой структуры и увеличении количества функциональных групп (в том числе фосфорных), способных к сорбции урана. Основной механизм сорбции — это адсорбция на поверхности, при этом уран фиксируется на активных центрах, что обеспечивает как высокую сорбционную ёмкость, так и потенциальную возможность его последующей десорбции.

Председатель Барменшинова М.Б.: У кого-нибудь еще есть вопросы? Вопросов нет. Работа обширная, и все выявленные недочеты могут быть исправлены. Все присутствующие на расширенном заседании, кто высказался в ходе обсуждения, единогласно поддержали рекомендацию диссертации Әбдікерім Бекзат к представлению на защиту в диссертационном совете «Металлургия, материаловедение и наноматериалы».

На этом обсуждение диссертационного исследования PhD-докторанта Әбдікерім Б.Е. можно считать завершённым.

Предлагаю принять следующее заключение по обсуждению диссертационной работы Әбдікерім Бекзат Ерубайұлы на тему «Получение модифицированных сорбентов на основе природного сырья для извлечения урана».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Расширенного заседания научного семинара кафедр «Металлургии и обогащения полезных ископаемых» и «Металлургические процессы, теплотехники и технологии специальных материалов» КазНТУ им. Сатпаева от 20 марта 2024 года по диссертации докторанта (PhD) Әбдікерім Бекзата Ерубайұлы на тему «Получение модифицированных сорбентов на основе природного сырья для извлечения урана», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07204 — «Металлургическая инженерия».

1. Актуальность темы исследования

Актуальность оправдана доступностью исходного сырья — природных ионообменных материалов во многих районах нашей страны, их низкой стоимостью, специфическими свойствами и низкой себестоимостью модифицированных сорбентов в связи с использованием в качестве модификатора техногенного сырья. Необходимость подобных исследований диктуется также экологической обстановкой: наличием урансодержащих отходов крупных гидрологических провинций и мелких месторождений, которые являются опасным источником заражения радионуклидами природных вод, ввиду больших объемов и возможности неконтролируемого

распространения. Оптимального варианта для их утилизации пока не найдено; эта проблема остается одной из ключевых для атомной промышленности.

2. Научные результаты в рамках требований к диссертациям (пп. 2, 5, 6 «Правил присуждения степеней» и паспортов соответствующих специальностей научных работников)

Научные положения диссертации соответствуют требованиям, предъявляемым к работам такого рода. В работе последовательно решаются поставленные соискателем задачи. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованных источников. В главах сделаны научно значимые, логично аргументированные выводы. Основные полученные результаты сводятся к следующему: **Результаты рентгенофазового анализа, ИК-спектроскопии и сканирующей электронной микроскопии (SEM) показали, что предварительная активация фосфорного шлака в карбонатной (Na_2CO_3) и хлоридной (NaCl) средах приводит к структурным преобразованиям, способствующим увеличению сорбционной емкости природных сорбентов.** В частности, в карбонатной среде наблюдается разрушение силикатных фаз и образование анальцита, кальцита и оксидов железа, в то время как в хлоридной среде сохраняется аморфная составляющая шлака в виде многокомпонентного стекла, сопровождаемая образованием дефектной структуры с микропорами. Комплексное аппретирование цеолита и шунгита активированным фосфорным шлаком приводит к увеличению количества кристаллических центров как на поверхности, так и в объеме сорбента. Обнаружено, что модифицированные сорбенты характеризуются сорбционной ёмкостью до 38 мг/г по урану, что превышает показатели немодифицированных аналогов более чем в 10 раз. Сорбция урана из модельных и производственных растворов протекает по механизму адсорбции с участием фосфорных функциональных групп, что подтверждено изотермой Ленгмюра. Высокая эффективность подтверждена укрупнённо-лабораторными испытаниями, в том числе на действующем урановом предприятии РК, где было достигнуто извлечение более 90% урана из растворов с концентрацией 2,6–50,1 мг/дм³ за 15–20 минут. Установлено, что карбонат натрия (Na_2CO_3) обеспечивает до 70% десорбции урана, что делает процесс перспективным для дальнейшего масштабирования и промышленного внедрения.

3. Степень обоснованности и достоверности каждого научного результата (положения), выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации

Полученные в ходе исследования результаты и выводы отражают содержание всех разделов в логичной последовательности и подтверждаются публикациями основных научных результатов в международных и

отечественных научных журналах и докладами на международных конференциях и форумах.

4. Степень новизны каждого научного результата (положения), выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации

Научные положения диссертации соответствуют требованиям, предъявляемым к работам такого рода. Научная новизна заключается в том: Впервые на основании комплекса физико-химических исследований обосновано применение шлаков фосфорного производства в качестве модификаторов природных минералов цеолита и шунгита для сорбции урана; Впервые разработана методика модифицирования природных сорбентов шунгита и цеолита активированным фосфорным шлаком; Исследован механизм активации фосфорных шлаков в карбонатной среде и хлоридной среде; Экспериментально установлено, что модификация сорбентов фосфорным шлаком приводит к увеличению числа активных центров и формированию микропористой структуры, что обеспечивает повышение сорбционной ёмкости с 0,2 мг/г до 38 мг/г по урану, рост степени извлечения до 98,7 %; Изучена зависимость значений сорбционной ёмкости модифицированных по типу «твёрдофазных экстрагентов» природных минералов; Предложена технологическая схема и практические рекомендации по применению модифицированных сорбентов.

5. Оценка внутреннего единства полученных результатов

Диссертационное исследование представляет собой цельный научный труд с четкой внутренней логикой. Определенные в начале работы цели и задачи получили свое развернутое теоретическое и методологическое отражение в каждом из разделов, что нашло отражение в ключевых положениях, предложенных к защите. Все достигнутые результаты, сделанные выводы и обобщения тесно переплетены между собой, формируя последовательность от более общих к более специфичным выводам.

6. Направленность полученных результатов на решение соответствующей актуальной проблемы, теоретической или прикладной задачи

Обезвреживание и переработка жидких радиоактивных отходов уранового производства, в частности маточных растворов, является актуальной задачей, связанной как с экологической безопасностью, так и с рациональным использованием природных ресурсов. В условиях широкого применения технологии подземного выщелачивания урана в Казахстане, формируется значительный объём жидких радиоактивных отходов, содержащих остаточный уран, сульфаты и ионы тяжёлых металлов. Результаты проведённого исследования направлены на практическое решение данной проблемы путём разработки эффективных, доступных и экологически безопасных сорбентов на основе природных материалов, модифицированных техногенными отходами фосфорного производства.

Применение фосфорного шлака позволяет не только повысить сорбционную способность природных минералов, но и способствует вторичному использованию промышленных отходов, тем самым обеспечивая принципы циркулярной экономики. Предложенная схема активации и модификации сорбентов является технологически доступной, не требует дорогостоящего оборудования и может быть адаптирована для использования на действующих предприятиях урановой отрасли, что подтверждает как прикладную значимость, так и экологическую направленность полученных результатов.

7. Подтверждение полноты опубликования основных положений, результатов, выводов и заключения диссертации

Публикации

По материалам диссертационной работы опубликовано 14 печатных работ, из них 6 статьи в международных рецензируемых научных журналах, входящие в БД Scopus/Web of Science:

1. Kenzhaliyev B, Surkova T, Berkinbayeva A, Amanzholova L, Mishra B, Abdikerim B, Yessimova D. Modification of Natural Minerals with Technogenic Raw Materials. Metals. 2022; 12(11):1907. Scopus: Q2, percentile 76. Web of Science: Q2

2. Surkova TYu, Abdikerim BE, Berkinbayeva AN, Azlan MN, Kassymova G.K. Obtaining modified sorbents based on natural raw materials of Kazakhstan and research of their properties. Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a = Complex Use of Mineral Resources. 2022;322(3):23-32. Web of Science: Q3

3. B.K. Kenzhaliyev, T.Yu. Surkova, B.E. Abdikerim, A.N. Berkinbayeva, Ye.B. Abikak, Z.D. Dosymbayeva. Research on sorption properties of phosphoric production slag-waste // Metallurgija. – 61. – 2022. - № 1. – P. 209-212. Croatia, Zagreb, ISSN 0543-5846, SJR IF-0,779, Scopus percentile 37, Q3. Web of Science: Q4

4. Bagdaulet K. Kenzhaliyev, Tatiana Yu. Surkova, Ainur N. Berkinbayeva, Zamzagul D. Dosymbayeva, Ainur A. Mukhanova, Bekzat E. Abdikerim. Development of a method of modifying a natural sorbent for uranium extraction // Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 55, 5. – 2020. – P. 1041-1046. Bulgaria, Sofia. ISSN 1314-7471, IF - 0.81, Scopus percentile 38, Q3

5. B.K. Kenzhaliyev,, T.Yu. Surkova, A.N. Berkinbayeva, Z.D. Dosymbayeva, B.E. Abdikerim. Revisiting the Kazakhstan natural sorbents modification // Metallurgija. – 59. – 2020. - № 1, 2. – P. 117-120, Croatia, Zagreb, ISSN 0543-5846, SJR IF-0,779, Scopus percentile 37, Q3. Web of Science: Q4

6. Abdikerim B.E., Kenzhaliyev B.K., Surkova T.Yu., Didik N., Berkinbayeva A.N., Dosymbayeva Z.D., Umirbekova N.S. Uranium extraction with modified sorbents // Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a = Complex Use of Mineral Resources = Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu.

2020. № 3 (314), pp. 84-90., Almaty, Kazakhstan, ISSN 2224-5243. Web of Science: Q3

Труды международных научно-практических конференций

1. Абдикерим Б.Е., Б.К. Кенжалиев, Т.Ю. Суркова, А.Н. Беркинбаева, З.Д. Досымбаева. Сорбция урана органоминералом на основе шунгита / Труды Сатпаевских чтений "Сатпаевские чтения - 2021" Секция «Инновационные технологии для реализации в металлургической отрасли РК». – С. 1289-1293.

2. Кенжалиев Б.К., Суркова Т.Ю., Беркинбаева А.Н., Досымбаева З.Д., Чукманова М.Т., Абдикерим Б.Е. Исследование цеолитов северного Казахстана. Сообщение №1 / Матер. Межд. научно-практ. конф. эффективные технологии производства цветных, редких и благородных металлов, 27 - 29 сентября, Алматы, 2018 г., С. 293-296.

3. Кенжалиев Б.К. Суркова Т.Ю., Беркинбаева А.Н., Досымбаева З.Д., Чукманова М.Т., Абдикерим Б.Е. Исследование цеолитов Северного Казахстана. Сообщение №2 / Материалы XXIV Межд. научно-техн. конф. «Научные основы и практика преработки руд и техногенного сырья. Екатеринбург. 9-12 апреля 2019;132-137.

4. B.K. Kenzhaliyev, T.Yu. Surkova, A.N. Berkinbayeva, Z.D. Dosymbayeva, Yesimova D.M., B.E. Abdikerim ON METHODS OF MODIFYING NATURAL MINERALS / Materials of International Practical Internet Conference "CHALLENGES OF SCIENCE". Almaty, 15-22 of November; 2021.

5. Kenzhaliyev B.K., Surkova T.Yu., Berkinbayeva A.N., Dosymbayeva Z.D., Abdikerim B.E., Bektenov N.A. ORGANOMINERAL SYNTHESIS BASED ON NATURAL SHUNGITE IN KAZAKHSTAN // Modern Science, Moscow, Vol. 5-3, 2020.

6. Abdikerim Bekzat. Research of organomineral sorbents based on shungit of Kazakhstan / International conference on engineering, technology and vocational education (ICETVE 2020), 7th November, 2020.

Патенты

1. Кенжалиев Б.К., Суркова Т.Ю., Беркинбаева А.Н., Досымбаева З.Д., Чукманова М.Т., Абдикерим Б.Е. Патент на изобретение «Способ извлечения урана сорбцией» № 2019/0116.1 № 34401

2. Кенжалиев Б.К., Суркова Т.Ю., Беркинбаева А.Н., Абдикерим Б.Е., Есимова Д.М., Абиак Е.Б., Бектаев М.Е. Патент на изобретение «Способ извлечения урана из водных растворов»

Суммарное личное участие автора составило 80%.

9. Наименование специальности, паспорту которой соответствует диссертация

Диссертационная работа докторанта Әбдікерім Бекзата Ерубайұлы на тему «Получение модифицированных сорбентов на основе природного сырья для извлечения урана», выполнена в полном объеме и отвечает всем

требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07204 - «Металлургическая инженерия».

10. Соответствие диссертации предъявляемым требованиям «Правил присуждения степеней» Комитета по контролю в сфере Науки и Высшего образования РК Диссертационная работа докторанта Әбдікерім Бекзата Ерубайұлы на тему «Получение модифицированных сорбентов на основе природного сырья для извлечения урана», представляет собой самостоятельное и законченное исследование в сфере металлургии, целью которого является разработка новых решений. Учитывая новизну и актуальность исследования, а также обоснованность выводов, имеющих важность как в теоретическом, так и в прикладном аспектах, диссертационная работа отвечает всем требованиям «Правил присуждения степеней» Комитета по контролю в сфере Науки и Высшего образования РК. На основании вышеизложенного, диссертационная работа Әбдікерім Бекзата Ерубайұлы рекомендуется к защите на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07204 – «Металлургическая инженерия» в диссертационном совете «Металлургия, материаловедение и наноматериалы».

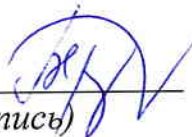
ПОСТАНОВИЛИ:

1. Диссертационная работа докторанта Әбдікерім Бекзата Ерубайұлы на тему «Получение модифицированных сорбентов на основе природного сырья для извлечения урана», выполнена в полном объеме и отвечает всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07204 – «Металлургическая инженерия» в диссертационном совете «Металлургия, материаловедение и наноматериалы».

2. Рекомендовать диссертационную работу докторанта Әбдікерім Бекзата Ерубайұлы на тему «Получение модифицированных сорбентов на основе природного сырья для извлечения урана» к защите на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07204 – «Металлургическая инженерия» в диссертационном совете «Металлургия, материаловедение и наноматериалы».

Результаты голосования: «за» - единогласно, «против» - нет, «воздержавшихся» - нет.

**Председатель,
зав. каф. МиОПИ**


(подпись)

Барменшинова М.Б.

Секретарь:


(подпись)

Тажиев Е.Б.