

**ОТЗЫВ**  
**официального рецензента Исаевой Асем Бахытжановны на диссертационную работу Кунарбековой Махаббат Сейт-Задаевны на тему «Получение модифицированных углеродных материалов для удаления радионуклидов из загрязненной воды», предоставленную на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «8D07109 – Инновационные технологии и новые неорганические материалы»**

| № п/п | Критерии                                                                                                             | Соответствие критериям (подчеркнуть один из вариантов ответа)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Обоснование позиции официального рецензента (замечания выделить курсивом)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам | 1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам:<br>1) диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) государственным бюджетом (указать название и номер проекта или программы);<br>2) диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы);<br>3) диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление). | В диссертации докторант Кунарбекова Махаббат Сейт-Задаевна обосновывает актуальность исследования, ссылаясь на накопившиеся радиоактивные отходы и будущее применение в обращении с ядерными отходами при инициативах, связанных со строительством атомной электростанции в Казахстане. Вместе с этим следует отметить что рекомендуется указывать нормативные документы имеющие силу на момент написания диссертации например итоги Референдума по использованию атомной энергии в Казахстане от 6 октября 2024 года.<br><i>Указанное замечание не является существенным и не требует внесения поправок в оформленную диссертацию. Тем не менее, при дальнейшем развитии темы, подготовке публикаций или участии в научных мероприятиях целесообразно учитывать действующие на момент публикации государственные стратегические документы и приоритетные направления развития науки в Республике Казахстан.</i><br>Докторант Кунарбекова Махаббат Сейт-Задаевна является исполнителем программно-целевого финансирования КН МНВО РК на 2023 – 2025 гг. BR21881939 "Разработка ресурсосберегающих технологий получения энергии для горно-металлургического комплекса и создание инновационного инженерингового центра" и ответственным исполнителем проекта конкурса на грантовое финансирование молодых ученых на 2023 – 2025 гг. AP19577049 "Синтез, характеристика и физико-химическое исследование сорбентов из биомассы для очистки промышленных вод от радионуклидов".<br>Диссертационная работа Кунарбековой Махаббат Сейт-Задаевны соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан по вопросам рационального использования водных ресурсов. |
| 2.    | Важность для науки                                                                                                   | Работа вносит/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта/не раскрыта.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Исследование демонстрирует высокий уровень научной проработки и актуальности. Диссертационная работа направлена на решение одной из важных проблем современности - загрязнения водных ресурсов радионуклидами. В частности, работа ставит перед собой задачу селективного удаления радионуклидов на примере цезия (Cs <sup>+</sup> ) и три йодиде анионов (I <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) из грунтовых вод испытательной площадки Дегелем (Курчатов, Казахстан). Принципиально важным является завершенность работы, в части синтеза, характеристики, тестирования в лабораторных условиях и тестирования на реально загрязнённых природных водах. Данная работа носит междисциплинарный характер и находится на пересечении химических технологий, экологии, инженерии, что делает ее перспективной для дальнейших прикладных исследований.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. | Принцип самостоятельности<br><br>Уровень самостоятельности:<br>1) <b>высокий;</b><br>2) <b>средний;</b><br>3) <b>низкий;</b><br>4) самостоятельности нет.                                                                                                                                                                                     | Диссертационная работа Кунарбековой Махаббат Сейт-Задаевны представляет собой самостоятельное исследование, обладающее научной и практической значимостью. В рамках работы был разработан ряд модифицированных сорбентов для извлечения радионуклидов Cs <sup>+</sup> и I <sup>3-</sup> из водных растворов. Проведено моделирование процесса сорбции с использованием программного обеспечения GaussJan. Практическая значимость подтверждается наличием патента на полезную модель и результатах проведения испытаний в Национальном ядерном центре Республики Казахстан. Данные достижения свидетельствуют о самостоятельности автора и ее вкладе в выполнение научной работы.                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|    | 4.1 Обоснование актуальности диссертации:<br>1) <b>обоснована;</b><br>2) частично обоснована,<br>3) не обоснована.                                                                                                                                                                                                                            | Актуальность диссертационного исследования обусловлена необходимостью создания отечественных эффективных сорбентов для сорбции радионуклидов из загрязнённых водоемов. В работе хорошо показана практическая значимость, а также процесс синтеза сорбентов из отходов агропромышленного комплекса что делает работу ценной с точки зрения циркуляционной экономики.<br><br>Актуальность работы подтверждается также поддержкой данной международной проектом Horizon Europe 2024 project "Multifunctional sustainable adsorbents for water treatment assisted with plasma technologies and for health protection from xenobiotics".<br><br><i>Однако в обосновании желательного было бы разграничить научную и прикладную значимость.</i>                                                                                                                                                                                                                       |
|    | 4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:<br>1) <b>отражает;</b><br>2) частично отражает;<br>3) не отражает.                                                                                                                                                                                                                      | Содержание диссертации в полном объеме отражает заявленную тему, а также соответствует сформулированной цели и поставленным задачам исследования.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 4. | Принцип внутреннего единства<br><br>4.3. Цель и задачи соответствуют диссертации:<br>1) <b>соответствуют;</b><br>2) частично соответствуют;<br>3) не соответствуют.<br><br>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:<br>1) <b>полностью взаимосвязаны;</b><br>2) взаимосвязь частичная;<br>3) взаимосвязь отсутствует. | Поставленные в работе цели и задачи полностью соответствуют теме диссертации и логично раскрывают ее содержание. Они направлены на решение актуальной научной проблемы, связанной с загрязнением водных источников радионуклидами и предлагает решение в виде синтеза и модификации углеродных сорбентов и тестирования их эффективности в лабораторных условиях и на радиоактивных изотопах в чистом виде (Польша) и гетерогенной среде (Национальный ядерный центр). Реализация поставленных задач обеспечила достижение намеченной цели и внесла вклад как в теоретическое обоснование подходов, так и в их практическое применение.<br><br>В работе прослеживается логическая взаимосвязь между разделами и сформулированными положениями. Каждый раздел подробно раскрывает выносимые на защиту положения. Работа отличается внутренним единством, последовательностью изложения и взаимосвязанностью полученных результатов по всем исследуемым аспектам. |
|    | 4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и                                                                                                                                                                                                                                                                   | Предложенные в диссертационной работе новые решения, включая разработки и экспериментальную оценку полученных модифицированных сорбентов, являются обоснованными и подтверждены результатами комплексного исследования текстурированных и структурных особенностей полученных сорбентов, тестированием и сравнением модифицированных и                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|                                                     |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                     | оценены по сравнению с известными решениями:<br>1) критический анализ есть;<br>2) анализ частичный;<br>3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов;<br>4) анализ отсутствует. | с немодифицированных сорбентов с обоснованием их структурных единиц (раздел компьютерное моделирование). Эффективность полученных сорбентов была сравнена с коммерчески доступным аналогом.<br><i>Проведен анализ метода получения и свойств доступных аналогов, однако не представлен примерный экономический расчёт стоимости синтеза сорбентов или стоимости очистки воды. Указанное замечание не является существенным и не требует внесения правок в оформленную диссертацию.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 5.1 Научные результаты и положения являются новыми? | 5.1 Научные результаты и положения являются новыми?<br>1) полностью новые;<br>2) частично новые (новыми являются 25-75%);<br>3) не новые (новыми являются менее 25%).                                         | Научные результаты и положения подтверждаются публикациями в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, документами на международных конференциях и симпозиумах, статьями, опубликованными в журналах, индексируемых в базе данных Scopus.<br>Обоснование новизны заключается в следующем:<br>- разработка и оптимизация сорбентов с активированным углем из различных источников биомассы с использованием физической и химической активации, включая новый метод гидротермальной пропитки мочевиной (источник азотных групп) и прусским синим (селективный агент для удаления цезия).<br>- модифицированные мочевиной сорбенты продемонстрировали улучшенные сорбционные характеристики благодаря целевому легированию азотом (~1%), особенно эффективны в мезо-/макропористой матрицах, улучшая поглощение ионов три йодида ( $I_3^-$ ).<br>- подтвержденная высокая селективность ферро цианид-модифицированных сорбентов для извлечения $Cs^+$ в присутствии конкурирующих ионов ( $Sr^{2+}$ , $Ca^{2+}$ , $Na^+$ ), снижение общей радиоактивности ниже нормативных пределов.<br>- подтвержденные характеристики сорбента на реальных образцах радиоактивной воды с Семипалатинского ядерного полигона (испытательная площадка Дегелен) и прикладное молекулярное моделирование (Gaussian) для выявления механизмов взаимодействия на атомном уровне.<br>Таким образом, все результаты подтверждены экспериментальной проверкой и теоретическим обоснованием, что подтверждает их новизну и достоверность. |
| 5. Принципы новизны научной                         | 5.2 Выводы диссертации являются новыми?<br>1) полностью новые;<br>2) частично новые (новыми являются 25-75%);<br>3) не новые (новыми являются менее 25%).                                                     | Выводы диссертационной работы основаны на разработке технического протокола синтеза сорбентов и экспериментальной проверке модифицированных сорбентов для очистки воды от радионуклидов. Новизна подтверждается результатами сравнительных испытаний по определению сорбционной емкости по отношению к целевым ионам в лабораторных условиях на стабильных нерадиоактивных изотопах и лабораторных испытаниях на радиоактивных изотопах ( $^{137}Cs$ , $^{134}Cs$ ) и радиоактивных изотопах реальной загрязнённой природной грунтовой воды площадью Дегелен что подтверждает их прикладной характер. Все представленные выводы опираются на экспериментальные данные и произведенные расчеты.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                         | 5.3<br>Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Технические, технологические, экономические или управленческие решения и метод получения модифицированных сорбентов для селективного извлечения цезия и три йодиде ионов. Технологические разработки реализованы в форме технологического протокола синтеза сорбентов и их тестирования в гетерогенной среде, что подтверждает их практическую значимость и применимость. Все представленные решения опираются на теоретические расчёты и подтверждены экспериментальными данными.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|    |                                         | 1) полностью новые;<br>2) <b>частично новые (новыми являются 25-75%);</b><br>3) не новые (новыми являются менее 25%).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 6. | Обоснованность основных выводов         | Все основные выводы основаны/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research (квалиатив ресеч) и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам).                                                                                                                                                                                                                                      | Все выводы диссертационной работы обоснованы научно, подкреплены теоретическими данными и подтверждены экспериментальными результатами и компьютерными расчётами. В ходе исследования проведено сравнительное тестирование сорбентов полученным методом физической, химической активации и дальнейшей модификации поверхности азотсодержащими или ферроцианид-содержащими группами, а также коммерческим сорбентом. Результаты полностью подтверждают выдвигаемые на защиту положения, демонстрирую как научную новизну, так и высокую практическую значимость выполненной работы.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 7. | Основное положение, выносимое на защиту | Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:<br>7.1. Доказано ли положение?<br>1) <b>доказано;</b><br>2) скорее доказано;<br>3) скорее не доказано;<br>4) не доказано;<br>5) в текущей формулировке проверить доказанность на положения невозможно.<br>7.2. Является ли тривиальным?<br>1) да;<br>2) <b>нет;</b><br>3) в текущей формулировке проверить тривиальность положения невозможно.<br>7.3. Является ли новым?<br>1) да;<br>2) нет; | Элементы тривиальности в данной диссертационной работе отсутствуют.<br>На защиту вынесены 3 положения:<br>1. Активированные угли, полученные из биомассы, которые подверглись гидротермальной модификации (площадь поверхности: 1600-2200 м <sup>2</sup> /г), обогащены азотными группами. Повышение сорбционной способности I <sub>2</sub> до 35% модифицированного карбамида по сравнению с лучшим не модифицированными активированными углями.<br>- положение – доказано;<br>- положение – является оригинальным;<br>- положение – применимо для очистки питьевой и сточной воды, загрязнённой радиоактивными формами йода (особенно I <sub>2</sub> <sup>-</sup> , образующегося в окислительной среде). Деактивации воды в аварийных ситуациях на АЭС. Предпочитки воды перед мембранными или химическими методами доочистки. Защиты населения в зоне потенциального радиоактивного загрязнения.<br>- положение раскрыто в статье, опубликованной в Journal Of Water Process Engineering (Q1, 92% percentile) – 2024 год в работе на тему: «Carbon adsorbents for the uptake of radioactive iodine from contaminated water effluents: A systematic review», и 2-х статьях в журнале Combustion and plasmochemistry journal на тему: «Synthesis of nanopfber composite doped with pitogen groups from biomass by chemical activation» и «Synthesis and characterization of activated carbon from biomass for the sorption of radioactive iodine». |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p>3) в текущей формулировке 2. Модифицированные прусским голубым активированные угли демонстрируют высокую селективность для <math>\text{Cs}^+</math> адсорбции, снижая общую активность от 120 до <math>&lt; 5 \text{ Бк/л}</math> в многоионных системах (<math>^{90}\text{Sr}^{2+}</math>, <math>\text{Ca}^{2+}</math>, <math>\text{Na}^+</math>) из реальных грунтовых вод, загрязненных радионуклидами.</p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>1) узкий;</p> <p>2) <b>средний</b>;</p> <p>3) широкий;</p> <p>4) в текущей формулировке проверить уровень применения положения невозможно.</p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>1) <b>да</b>;</p> <p>2) <b>нет</b>;</p> <p>3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.</p> | <p>селективность для <math>\text{Cs}^+</math> адсорбции, снижая общую активность от 120 до <math>&lt; 5 \text{ Бк/л}</math> в многоионных системах (<math>^{90}\text{Sr}^{2+}</math>, <math>\text{Ca}^{2+}</math>, <math>\text{Na}^+</math>) из реальных грунтовых вод, загрязненных радионуклидами.</p> <p>- положение – доказано;</p> <p>- положение – является оригинальным;</p> <p>- положение – применимо для очистки реальных грунтовых и подземных вод, загрязнённых радиоактивным цезием (<math>\text{Cs}^+</math>) что и было проведено на территории бывшего Семипалатинского полигона на испытательной площадке «Дегелем» Национального ядерного центра Республики Казахстан. Уровень радиации после очистки загрязненной воды на выходе был ниже рекомендуемого Всемирной Организации Здравоохранения для питьевой воды.</p> <p>- положение раскрыто в главе книги «Innovative materials for industrial application: Book Chapter 11 – 2025» и патенте на полезную модель № 9470 "Способ получения сорбционного материала для очистки воды от радионуклидов".</p> <p>3. Сорбционные механизмы были сформулированы на основе атомов углерода различной структуры пор и функционируют с использованием аналитических методов. Обсуждались типичные структуры фрагментов и вклад физико-сорбции, хемосорбции и электростатического взаимодействия.</p> <p>- положение – доказано;</p> <p>- положение – является оригинальным;</p> <p>Сформулированные сорбционные механизмы позволяют целенаправленно разрабатывать углеродные материалы с оптимальными пористыми структурами и функциональными группами для эффективного удаления различных ионов из воды. Понимание вклада физической сорбции, хемосорбции и электростатического взаимодействия обеспечивает возможность прогнозирования сорбционной эффективности в зависимости от природы загрязнителя. Это знание может быть применено для проектирования селективных сорбентов, адаптированных под конкретные условия, включая сложные много ионные и радиоактивные среды.</p> <p>- положение перспективно для применения компьютерного моделирования для процессов взаимодействия сорбент - загрязнитель.</p> |
| 8. | <p>Принцип достоверности. Достоверность источников и предоставляемой информации</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>Для выполнения задач в диссертационной работе был проведен анализ более 195 литературных источников. Выбор методологии является обоснованным и соответствует целям исследования. В работе подробно описаны этапы модификации активированного угля, использованные аналитические методы (BET, FTIR, SEM-EDX и др.), а также подходы к определению сорбционных механизмов, включая моделирование взаимодействий. Такой комплексный подход обеспечивает достоверность полученных результатов и их воспроизводимость.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|    | <p>8.1 Выбор методологии обоснован или методология достаточно подробно описана:</p> <p>1) <b>да</b>;</p> <p>2) <b>нет</b>.</p> <p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p>Результаты диссертационной работы были получены с использованием современных методов научных исследований и обработки данных с применением высокопроизводительных вычислительных средств: программное обеспечение Gaussian 16W и суперкомпьютер Tianhe-2 на</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                          | интерпретации данных с применением компьютерных технологий:<br>1) да;<br>2) нет.                                                                                                                                                                                         | базе КазНИТУ им. К.И. Сатпаева. Расчеты по результатам экспериментов производились на программном обеспечении Origin 2018.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                          | 8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента):<br>1) да;<br>2) нет. | Теоретические положения и модели, предложенные в работе, подтверждены результатами экспериментальных исследований. Взаимосвязи между структурными характеристиками модифицированных сорбентов и их сорбционной активностью обоснованы с помощью физико-химического анализа и сопоставлены с модельными расчетами. Достоверность выявленных закономерностей подтверждена совпадением экспериментальных данных с теоретическими прогнозами. Например компьютерное моделирование подтверждает, что $\text{Cs}^+$ образует более стабильный комплекс ( $\sim 434.73$ кДж/моль) с матрицей берлинской лазури по сравнению с $\text{Sr}^{2+}$ что подтвердилось при тестировании на реальных грунтовых водах площадки Дегелен где была показана селективная сорбция цезия. |
|                                          | 8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.                                                                                                                                       | Важнейшие научные утверждения в работе подтверждены ссылками на актуальные и рецензируемые источники, включая публикации в международных журналах, индексируемых в Scopus и Web of Science. Приведённая литература охватывает как фундаментальные аспекты сорбции и модификации активированных углей, так и современные исследования по удалению радионуклидов. Это обеспечивает научную обоснованность и доверие к полученным результатам.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                          | 8.5 Использованные источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора.                                                                                                                                                                               | Докторант провела обзор по достаточному количеству литературных источников. В диссертации проанализировано 199 наименований отечественных и зарубежных публикаций, что обеспечило надёжную теоретическую основу для исследования. Представленные источники охватывают как фундаментальные работы, так и современные статьи по теме диссертации.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                          | 9.1 Диссертация имеет теоретическое значение:<br>1) да;<br>2) нет.                                                                                                                                                                                                       | Диссертация обладает значительным теоретическим значением, поскольку в ней раскрыты механизмы сорбции радионуклидов на модифицированных углеродных материалах, обоснована роль структурных и функциональных параметров сорбента, а также предложены модели взаимодействия, подтверждённые экспериментально. Полученные научные положения расширяют фундаментальные представления о процессах селективной адсорбции и могут служить основой для дальнейших исследований в области очистки водных сред от радиоактивных ионов.                                                                                                                                                                                                                                         |
| 9<br>Принцип<br>практической<br>ценности | 9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения                                                                                                                                                                                  | Диссертация обладает высокой практической значимостью, поскольку разработанные модифицированные сорбенты продемонстрировали эффективность в удалении радионуклидов из реальных загрязнённых вод, включая многоионные системы. Полученные результаты могут быть использованы при создании фильтрационных материалов для экологической очистки, рекультивации территорий и защиты источников питьевой воды. Высокая селективность и                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|     |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | полученных результатов на устойчивость сорбентов созданот предпосылки для их внедрения в промышленную и полевую практику:<br>1) да;<br>2) нет.                     | практику.<br>Для дальнейшего повышения научной и прикладной ценности работы рекомендуется:<br>- расширить сравнительный анализ с другими типами сорбентов (цеолиты, оксиды, смолы), чтобы более четко показать преимущества предложенных материалов;<br>- провести дополнительные исследования по регенерации и повторному использованию модифицированных сорбентов, что важно для оценки их практической устойчивости и экономичности;<br>- углубить термодинамический или кинетический анализ процессов сорбции с использованием математического моделирования или DFT-расчетов;<br>- добавить больше данных по влиянию природных факторов (pH, температура, органические вещества) на эффективность сорбции в реальных условиях.<br>Указанное замечание не является существенным и не требует внесения поправок в оформленную диссертацию.                                                                                                                                                                                                                              |
|     | 9.3 Предложения для практики<br>являются новыми:<br>1) полностью новые;<br>2) частично новые (новыми являются 25-75%);<br>3) не новые (новыми являются менее 25%). | Предложения, представленные в диссертации, являются новыми и научно обоснованными. Разработка сорбентов на основе активированного угля, модифицированных прусским голубым и азотсодержащими группами, предложена впервые в контексте очистки реальных радиоактивно загрязнённых вод с комплексным ионным составом. Новизна заключается в сочетании высокоразвитой пористой структуры с целенаправленной функционализацией поверхности, что обеспечивает высокую селективность и эффективность сорбции. Также практическая значимость работы подтверждается патентом на полезную модель.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 10. | Качество написания и оформления письма:<br>1) <b>высокое</b> ;<br>2) среднее;<br>3) ниже среднего;<br>4) низкое.                                                   | Диссертационная работа Кунарбековой Махаббат Сейт-Задаевны написана грамотным научно-техническим, доступным для чтения языком. Изложение отличается логичностью и последовательностью. Формулировка основных положений и выводов логичны, четко сформулированы и отражают завершенность проведенного исследования.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 11. | Замечания диссертации                                                                                                                                              | 1. При дальнейшем развитии темы и подготовке научных публикаций рекомендуется учитывать актуальные нормативные документы и государственные стратегические приоритеты Республики Казахстан, включая, например, итоги референдума по использованию атомной энергии от 6 октября 2024 года. Настоящее замечание носит рекомендательный характер и не умалит научной ценности и завершенности представленного исследования.<br>2. В обосновании актуальности диссертации желательно было бы разграничить научную и прикладную значимость.<br>3. Проведен анализ метода получения и свойств доступных аналогов, однако не представлен примерный экономический расчёт стоимости синтеза сорбентов или стоимости очистки воды. Указанное замечание не является существенным и не требует внесения правок в оформленную диссертацию.<br>4. Для дальнейшего повышения научной и прикладной ценности работы рекомендуется:<br>- расширить сравнительный анализ с другими типами сорбентов (цеолиты, оксиды, смолы), чтобы более четко показать преимущества предложенных материалов; |

|                                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                             |  | <ul style="list-style-type: none"><li>- провести дополнительные исследования по регенерации и повторному использованию модифицированных сорбентов, что важно для оценки их практической устойчивости и экономичности;</li><li>- углубить термодинамический или кинетический анализ процессов сорбции с использованием математического моделирования или DFT-расчетов;</li><li>- добавить больше данных по влиянию природных факторов (pH, температура, органические вещества) на эффективность сорбции в реальных условиях.</li></ul>                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                             |  | Указанные замечание не является критическими и не снижают научной значимостиисследования.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Научный уровень статей докторанта по теме исследования (в случае защиты диссертации в форме серии статей официальные рецензенты комментируют научный уровень каждой статьи докторанта по теме исследования) |  | Основные результаты исследования опубликованы в научных изданиях, подтверждающих научный уровень выполненной работы. В базе данных Scopus <a href="https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authid=58150666700">https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authid=58150666700</a> , докторан имеет h-index 4. На момент защиты докторантом опубликовано: 1 обзор в журнале Journal Of Water Process Engineering-Q1, 92% percentile, 2 статьи в журналах, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, одна глава в книге, издатель IGI Global Scientific, одного патента на полезную модель. |
| 12.                                                                                                                                                                                                         |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| научный уровень каждой статьи докторанта по теме исследования)                                                                                                                                              |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового Положения)                                                                                                                          |  | Таким образом, считая, что диссертационная работа Кунарбековой Махаббат Сейт-Задаевны соответствует требованиям Правил присуждения степеней, утвержденных приказом Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан от 31 марта 2011 года №127 (с изменениями и дополнениями по состоянию на 18 июля 2024 года №352), а ее автор Кунарбекова Махаббат Сейт-Задаевна заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07109 - Инновационные технологии и новые неорганические материалы.                                                                                                                                                             |
| 13.                                                                                                                                                                                                         |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

**Официальный рецензент:**  
**ТОО «Научно-производственное предприятие «АнтиГен»,**  
**PhD, старший научный сотрудник**



**Исаева Асем Бахытжановна**