

ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу Әбдікерім Бекзат Ерубайұлы
на тему «Получение модифицированных сорбентов на основе природного сырья для извлечения урана»
представленную на соискание доктора философии (PhD)
по образовательной программе 8D07204 –
«Металлургическая инженерия»

№ п/п	Критерии	Соответствие критерии (необходимо отметить один из вариантов ответов)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) Соответствует направлениям развития науки или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам: <u>1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета</u> 2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы) 3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)	Диссертационная работа выполнена в АО «Институт металлургии и обогащения» в рамках проектов грантового финансирования Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан: - ГФ АР05131104 Разработка технологии селективного извлечения урана из продуктивных растворов уранового производства с применением модифицированных природных минералов» (2018-2020 гг.) - ГФ АР08856246 «Разработка основных технологических параметров модифицирования природных сорбентов с применением техногенного сырья и физико-химические исследования модифицированных сорбентов» (2020-2022 гг.)
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит</u> /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность <u>хорошо раскрыта</u> /не раскрыта	Работа вносит существенный вклад в развитие теории модифицирования природных сорбентов и их применения в гидрометаллургии урана, в частности, в область физико-химической активации природного минерального сырья с использованием техногенных фосфорсодержащих отходов. Исследование охватывает закономерности структурной перестройки цеолита и шунгита при их аппретировании активированными фосфорными шлаками, а также формирование новых сорбционно-активных центров с последующим увеличением сорбционной ёмкости сорбентов по урану. Важным результатом стало проведение сравнительных экспериментов с различными фосфорсодержащими экстрагентами, в том числе фосфорными шлаками, что позволило обосновать их

			перспективность в качестве эффективных модификаторов природных минералов. Кроме того, сорбционные характеристики полученных сорбентов были описаны с использованием уравнения Ленгмюра, что позволило количественно охарактеризовать механизм взаимодействия урана с активными центрами. В работе также проанализирована экономическая эффективность предложенной технологии и обосновано её применение для утилизации жидких радиоактивных отходов, что делает исследование актуальным как в научном, так и в прикладном аспекте.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) <u>Высокий</u> 2) Средний 3) Низкий 4) Самостоятельности нет	Автором самостоятельно проведён полный цикл экспериментальных исследований, включающий сбор, подготовку и активацию природного и техногенного сырья, разработку методик модифицирования цеолита и шунгита, а также изучение их сорбционных и физико-химических свойств. Глубокий патентно-информационный анализ позволил обосновать актуальность темы и определить направления научного поиска, что послужило основой для разработки новых методов модификации природных сорбентов с использованием фосфорных шлаков. Автором проведены укрупнённые лабораторные испытания технологии модифицирования, разработана математическая модель оптимизации параметров активации, а также подтверждена высокая эффективность полученных сорбентов при извлечении урана из продуктивных растворов с низким содержанием урана. Все этапы работы выполнены с высокой степенью самостоятельности, сочетая практические навыки экспериментатора с аналитическими способностями и умением применять современные методы для решения поставленных задач.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) <u>Обоснована;</u> 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	Обоснованием проведенных исследований является актуальная задача создания эффективных и экономически оправданных технологий утилизации жидких радиоактивных отходов (ЖРО) и очистки природных вод от радионуклидов. Автор диссертационной работы в литературном обзоре представил обширный анализ состояния мирового и казахстанского рынка урана, существующих способов сорбции радионуклидов и современных подходов к модифицированию природных сорбентов. Особое внимание уделено фосфорсодержащим

			техногенным отходам – шлакам фосфорного производства, ранее не нашедшим широкого применения. Научная и практическая значимость работы заключается в разработке технологии переработки дешевого и доступного техногенного сырья (фосфорных шлаков) для модифицирования природных минералов (цеолита и шунгита), что направлено на снижение себестоимости сорбентов и повышение их эффективности при извлечении урана.
	4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) <u>Отражает;</u> 2) частично отражает; 3) не отражает.		Диссертационная работа представляет собой логически завершенное научное исследование, направленное на разработку технологии модифицирования природных сорбентов с использованием техногенного сырья и применение полученных сорбентов для эффективного извлечения урана. Работа состоит из 5 взаимосвязанных глав, охватывающих теоретические предпосылки, экспериментальные методики, модификацию природного сырья, сорбционные свойства полученных сорбентов и укрупненно-лабораторные испытания. Последовательно представлены физико-химические характеристики природных и техногенных материалов, методы активации шлаков, аппретирование сорбентов, изучены параметры сорбции и десорбции, определена прочность модифицированных сорбентов, предложена технологическая схема процесса. Проведён технико-экономический расчет и сделаны практические рекомендации.
	4.3 Цель и задачи соответствует теме диссертации 1) <u>Соответствуют;</u> 2) Частично соответствуют; 3) Не соответствуют.		Целью диссертационной работы является разработка эффективной технологии модифицирования природных ионообменных материалов с использованием фосфорных шлаков в качестве модификаторов, с получением недорогих и эффективных сорбентов для извлечения урана из слабо концентрированных растворов. Для достижения этой цели были решены следующие задачи: исследование свойств природных сорбентов (цеолита и шунгита), определение параметров активации фосфорных шлаков, разработка методики модифицирования, изучение сорбционных характеристик полученных материалов, моделирование процессов, проведение укрупненно-лабораторных испытаний и оценка экономической эффективности технологии. Все задачи решены в полном объеме, и результаты соответствуют заявленной цели.
	4.4. Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:		Структура диссертационной работы отличается чёткой внутренней логикой и последовательностью: от анализа проблемы и

		<u>1) полностью взаимосвязаны;</u> 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует.	постановки задач — к теоретическому и экспериментальному исследованию, и далее — к внедрению и обоснованию технологических решений. Каждый последующий раздел дополняет предыдущий и ведёт к формированию комплексного подхода к разработке технологии получения модифицированных сорбентов. Такой системный подход демонстрирует высокий уровень проработки темы и глубину научного анализа.
		4.5. Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) <u>критический анализ есть;</u> 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов.	В диссертационной работе проведен масштабный критический анализ существующих научно-технических решений модифицирования природных минералов. Рассмотрено современное состояние и перспективы использования модифицированных сорбентов. Выбранные методы решения поставленных целей и задач тщательно обоснованы, определены отличия разрабатываемой технологии от ранее предложенных решений.
5.	Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) <u>полностью новые;</u> 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Научные результаты и положения являются полностью новыми, что подтверждается публикациями в журналах, входящих в базу данных Scopus и 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. https://doi.org/10.3390/met12111907 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. https://doi.org/10.31643/2022/6445.25 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. – 2021. - № 1. – P. 209-212. Croatia, Zagreb, ISSN 0543-5846, SJR IF-0,779, 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, 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, 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
		5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) <u>полностью новые</u>; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Выводы, представленные в диссертационной работе, являются новыми и научно обоснованными, что подтверждается проведенными экспериментальными исследованиями и полученными охранными документами новизны – патентов РК. Впервые обосновано применение фосфорных шлаков в качестве модификаторов цеолита и шунгита для повышения сорбционной способности по урану. Предложены оригинальные механизмы активации шлаков в карбонатной и хлоридной средах, выявлена зависимость сорбционной емкости от параметров модификации. Экспериментальные исследования подтверждают эффективность технологии. Полученные результаты отражены в опубликованных научных статьях.
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) <u>полностью новые</u>; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	В диссертации представлены новые технологические решения: разработаны методы физико-химической активации фосфорных шлаков, методика аппретирования природных сорбентов, построена математическая модель оптимальных условий модификации, подтверждена высокая эффективность модифицированных сорбентов (до 98,7% извлечения урана). Разработанный способ модифицирования природных минералов отличается низкой себестоимостью, возможностью масштабирования и применением доступного техногенного сырья, что обеспечивает её высокую прикладную ценность.
6.	Обоснованность основных выводов:	Все основные выводы <u>основаны</u> /не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы	Все представленные в работе выводы базируются на убедительных экспериментальных результатах, полученных , в том числе,на основе данных сертифицированных лабораторий, соответствуют

			современным научным представлениям, подтверждающим достоверность.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: Положение 1: <u>результаты физико-химических исследований цеолита Кусмурунского месторождения, шунгита Коксуского месторождения и шлака фосфорного производства</u> 7.1 Доказано ли положение? 1) <u>доказано</u> 2) скорее доказано 3) скорее не доказано 4) не доказано 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) <u>нет</u> 7.3 Является ли новыми? 1) <u>да;</u> 2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) <u>широкий</u> 7.3 Доказано ли в статье? 1) <u>да;</u> 2) нет Положение 2: <u>методика синтеза «твердофазных экстрагентов» на основе природных минералов, органических реагентов и полиакриламида. Результаты сорбционных и физико-химических исследований модифицированных сорбентов</u> 7.1 Доказано ли положение? 1) <u>доказано</u> 2) скорее доказано	Положение 1: Данные были получены и подтверждены с применением комплекса современных аналитических методов, включая ИК-спектроскопический, химический, рентгенофлуорисцентный, рентгенофазовый, петрографический, электронномикроскопический и современное аналитическое оборудование: атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно связанной плазмой, квадрупольный масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой, ИК-Фурье спектрометр, рентгенофлуоресцентный волнодисперсионный спектрометр, растровой электронной микроскоп с анализатором, дифрактометр, а также минералогическое изучение. Было установлено, что цеолит Кусмурунского месторождения относится к кальциевому типу, а не к натриевому, что предопределяет его катионообменные свойства и устойчивость в водной среде. Шунгит Коксуского месторождения характеризуется наличием углеродистой фазы, оксидов кремния и алюминия, а также развитой пористой структурой. Фосфорный шлак содержит, помимо волластонита, соединения фосфора и кальция. После активации демонстрирует появление реакционно-способных соединений кальция и фосфора. Таким образом, физико-химические исследования подтвердили исходные свойства материалов и их пригодность для модификации, что является основой дальнейшей технологии получения сорбентов. Для подтверждения доказательности из списка публикаций можно привести статьи: – В.К. 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 Положение 2 Разработанная методика синтеза «твердофазных экстрагентов» предусматривала аппретирование природных минералов — цеолита и шунгита — активированным фосфорным шлаком с добавлением органических реагентов и полиакриламида,

	3) скорее не доказано 4) не доказано 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) нет 7.3 Является ли новыми? 1) да; 2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) широкий 7.3 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет Положение 3: <u>методика активирования фосфорных шлаков</u> 7.1 Доказано ли положение? 1) доказано 2) скорее доказано 3) скорее не доказано 4) не доказано 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) нет 7.3 Является ли новыми? 1) да; 2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) широкий 7.3 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет Положение 4: <u>Методика аппретирования</u>	играющего роль полимерной матрицы. Физико-химические исследования подтвердили формирование на поверхности сорбентов активных функциональных групп, способных к комплексообразованию с ионами урана. Результаты сорбционных экспериментов показали высокую эффективность модифицированных сорбентов: извлечение урана достигало 98,7%. При этом установлено, что процесс сорбции протекает в соответствии с изотермой Ленгмюра, что представляет собой модель однослойной адсорбции на однородной поверхности. Таким образом, выбранная методика синтеза твердофазных экстрагентов является научно обоснованной и подтверждена экспериментально. Для подтверждения доказательности из списка публикаций можно привести статьи: – 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. Положение 3 В работе обоснована и экспериментально подтверждена методика активации фосфорных шлаков в двух различных средах — карбонатной и хлоридной. В карбонатной среде (раствор Na_2CO_3) происходит разрушение исходных минеральных фаз шлака и формирование новых активных центров, что приводит к образованию кристаллических фаз анальцита, кальцита и оксидов железа. Эти изменения сопровождаются значительным увеличением сорбционной ёмкости сорбентов. В хлоридной среде (NaCl) зафиксировано сохранение аморфной фазы шлака в виде многокомпонентного стекла, при этом уменьшается доля структурных элементов (Fe, Mg, Al, Si), участвующих в построении кремнекислородного каркаса. Это способствует образованию дефектов и пор в структуре, что увеличивает количество активных участков сорбции и, соответственно, повышает извлечение урана. Таким образом, предложенный механизм активации шлаков различными реагентами обеспечивает структурную перестройку и повышение
--	---	--

	7.1 Доказано ли положение? 1) <u>доказано</u> 2) скорее доказано 3) скорее не доказано 4) не доказано 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) <u>нет</u> 7.3 Является ли новыми? 1) <u>да;</u> 2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) <u>широкий</u> 7.3 Доказано ли в статье? 1) <u>да;</u> 2) нет Положение 5: <u>результаты исследований сорбционных и физико-химических свойств модифицированных фосфорным шлаком природных минералов.</u> 7.1 Доказано ли положение? 1) <u>доказано</u> 2) скорее доказано 3) скорее не доказано 4) не доказано 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) <u>нет</u> 7.3 Является ли новыми? 1) <u>да;</u> 2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) <u>широкий</u>	эффективности будущего сорбента. Для подтверждения доказательности из списка публикаций можно привести статью: – 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. – 2021. - № 1. – P. 209-212. Croatia, Zagreb, ISSN 0543-5846, SJR IF-0,779 Положение 4 Предложен и подтверждён экспериментально механизм аппретирования природных сорбентов (цеолита и шунгита) активированным фосфорным шлаком. Установлено, что частицы модификатора не ограничиваются поверхностным нанесением, а проникают в пористую структуру сорбента, формируя новые центры кристаллизации как на поверхности, так и в объёмной матрице. Это обеспечивает равномерное распределение активной фазы и значительное увеличение числа доступных сорбционных центров. В результате проведённой модификации сорбционная ёмкость по урану возросла с 0,2 мг/г до 38 мг/г, а степень извлечения достигла 98,7 %. Таким образом, методика аппретирования демонстрирует высокую эффективность и технологическую применимость при создании активных сорбентов на основе природного сырья. Для подтверждения доказательности из списка публикаций можно привести статью: – 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. https://doi.org/10.31643/2022/6445.25 Положение 5 Результаты комплексных исследований подтвердили, что модификация природных сорбентов фосфорным шлаком приводит к структурной перестройке их поверхности. В процессе сорбции наблюдается частичное вымывание отдельных элементов (например, Na, Ca, Al), что создаёт дефектные участки и открывает дополнительные сорбционные центры. Эти участки становятся доступными для ионов урана, которые закрепляются в
--	--	--

		7.3 Доказано ли в статье? <u>1) да;</u> 2) нет	их местах, формируя устойчивые комплексы. Установленный механизм замещения подтверждён физико-химическими методами анализа, в частности — результатами ИК-спектроскопии, где зафиксированы изменения в полосах колебаний, соответствующих функциональным группам (Si–O, Al–O, P–O), участвующим в комплексообразовании. Полученные данные объясняют высокую эффективность извлечения урана и рост сорбционной ёмкости после модификации. Для подтверждения доказательности из списка публикаций можно привести статью: – 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. https://doi.org/10.3390/met12111907 Использованные методы исследования позволили в полном объеме решить все поставленные задачи и достичь цели. Элементы тривиальности в диссертационной работе отсутствуют. Все найденные результаты получены с помощью современных методов исследования, на поверенных установках, анализы выполнены в аккредитованных лабораториях. Основные положения, выносимые на защиту, являются новыми. Ранее подобные положения и результаты исследований по теме диссертации не были кем-либо описаны в литературе. Все положения, выносимые на защиту, доказаны публикациями. На основании полученных экспериментальных данных диссертантом опубликованы: в базе данных WoS и Scopus – 6 статьи, в журналах, рекомендованных КОКШНО МНВО РК – 2 статья. Имеются патенты на изобретение по теме PhD диссертации: – 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 – 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»
--	--	---	--

8.	Достоверность источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана: <u>1) да</u> 2) нет	Методология исследования обоснована и подробно описана. В работе применён комплекс современных аналитических методов, включая ИК-спектроскопический, химический, рентгенофлуорисцентный, рентгенофазовый, петрографический, электронномикроскопический и современное аналитическое оборудование: атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно связанной плазмой, квадрупольный масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой, ИК-Фурье спектрометр, рентгенофлуоресцентный волнодисперсионный спектрометр, растровой электронной микроскоп с анализатором, дифрактометр, а также минералогическое изучение. Каждый метод использован с учётом специфики изучаемых образцов и этапов модификации. Корректность выбора методов подтверждена полученными достоверными данными, необходимыми для анализа состава, структуры и фазовых превращений исследуемых материалов.
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий <u>1) да</u> 2) нет	Для определения оптимальных условий проведения модификации природных сорбентов автором была проведена серия систематических лабораторных экспериментов с варьированием температурных режимов, продолжительности обработки, типа реакционной среды и соотношения компонентов. На основании анализа полученных данных выявлены ключевые параметры, влияющие на эффективность модификации и сорбционной способности: состав активной среды (карбонатная или хлоридная), температура термообработки (оптимально — 190 °С) и продолжительность активации (оптимально — 4 часа). Экспериментальный подход позволил количественно оценить влияние каждого параметра и подобрать технологические режимы, обеспечивающие максимальную сорбционную ёмкость полученного материала по урану.
		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): <u>1) да</u>	Все выводы и результаты исследования получили экспериментальное подтверждение. Использование нескольких аналитических методов при изучении одного и того же объекта позволило провести перекрёстную верификацию данных, что, в свою очередь, позволило установить чёткие закономерности и зависимости между условиями активации, структурой сорбентов и их сорбционными характеристиками. Согласованность полученных данных с теоретическими представлениями и

		2) нет	литературными источниками подтверждает достоверность результатов.
		8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u> /частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	Результаты, полученные в ходе экспериментальной и теоретической части работы, нашли всестороннее отражение в содержании всех разделов диссертации. Последовательно выстроенная структура обеспечивает логическую согласованность между частями исследования. Выводы обоснованы и подтверждены ссылками на рецензируемые публикации в международных и отечественных научных изданиях. Сравнение с аналогичными исследованиями других авторов демонстрирует объективность и корректность интерпретации полученных данных.
		8.5 Используемые источники литературы <u>достаточны</u> /не достаточны для литературного обзора.	В работе приведены список литературы из 153 наименований. Приведенные источники более чем достаточны для формирования литературного обзора диссертационной работы.
9.	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение 1) да <u>2) нет</u>	Основной целью диссертационной работы является разработка технологии получения модифицированных сорбентов на основе природного сырья с использованием в качестве модификатора техногенных отходов. Теоретические исследования, представленные в работе, позволяют объяснить течение происходящих в ходе модифицирования процессов. Эти теоретические данные направлены на управление процессами и служат основой для разработки технологии модифицирования природных сорбентов. Таким образом, теоретическая часть работы является направляющим и дополняющим фактором для достижения основной практической задачи.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике <u>1) да</u> 2) нет	Совокупность полученных в диссертационной работе результатов теоретических и экспериментальных исследований наглядно демонстрирует ее ярко выраженный практический характер и ориентацию на решение прикладных производственных задач. Полученные результаты обладают высокой степенью прикладной ценности. Технология может быть внедрена в производственные процессы на уранодобывающих предприятиях, включая переработку ЖРО, очистку сточных вод. Кроме того, предусматривает частичную утилизацию фосфорных шлаков. Преимуществами технологии являются дешевизна исходного сырья, низкие энергозатраты и высокая сорбционная эффективность полученных материалов.

		9.3 Предложения для практики являются новыми? <u>1) полностью новые;</u> 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Предложенные в работе подходы к модификации природных сорбентов с использованием активированных фосфорных шлаков, подбору оптимальных условий активации и применению полученных материалов для извлечения урана из слабо концентрированных растворов являются полностью новыми. Сорбционные характеристики полученных сорбентов были количественно описаны с применением изотермы Ленгмюра, что позволило охарактеризовать механизм взаимодействия урана с активными центрами. Практическая значимость подтверждается высоким уровнем извлечения урана и возможностью применения технологии в условиях переработки ЖРО.
10.	10. Качество написания и оформления	Качество академического письма: <u>1) высокое;</u> 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Качество академического письма высокое. Диссертационная работа соответствует всем предъявляемым требованиям и отличается внутренним единством. Разделы диссертационной работы логически объединены и направлены на решение поставленных задач.
11.	Замечания к диссертации	В качестве замечаний можно отметить следующие пункты: 1) В разделе технико-экономической оценки приведено лишь сравнение стоимости продукции и реагентов. Для полноты картины рекомендуется добавить расчёт себестоимости с учётом энергозатрат, оплаты труда, амортизации). Т.е. нет оценки себестоимости, что не позволяет оценить экономическую целесообразность разработанного технического решения. 2) В диссертации указывается, что модифицированный шунгит может быть использован повторно, однако экспериментальные данные приведены только по одному циклу сорбции-десорбции. Не рассмотрены изменения сорбционной ёмкости, структуры или стабильности сорбента при повторных применениях. Цикличность использования является ключевым критерием оценки практической пригодности сорбента. Проведение хотя бы 3–5 циклов с анализом снижения эффективности позволило бы сделать более обоснованные выводы о регенерируемости шунгитового сорбента и его промышленной перспективности. 3) В работе использованы фосфорные шлаки, образующиеся как побочный продукт промышленного производства, однако вопрос их возможной минералогической и химической изменчивости рассмотрен лишь кратко. Фосфорные шлаки, как техногенное сырьё, подвержены естественным колебаниям состава в зависимости от условий и режимов производства. Это может существенно влиять на стабильность модификации, эффективность сорбентов и воспроизводимость предложенной технологии. 4) В диссертационной работе не представлены результаты БЭТ-анализа для оценки удельной поверхности и пористости природных и модифицированных сорбентов. Изменение текстурных характеристик (площадь поверхности, объем и распределение пор) является важным фактором, влияющим на сорбционную способность материалов. Проведение БЭТ-анализа до и после модификации позволило бы количественно подтвердить структурные изменения сорбента и обосновать заявленный рост сорбционной ёмкости.	

		5) в таблицах с химическим составом (например, Таблица 1.1, Таблица 1.2) отсутствует указание единиц измерения (%), что затрудняет интерпретацию данных. Такие недочёты встречаются в ряде таблиц и требуют корректного оформления в соответствии с требованиями ГОСТ. Мелкие редакционные замечания: - Некоторые грамматические и стилистические шероховатости, а также пунктуационные ошибки, не влияющие на научную ценность работы, но требующие редакторской правки. Например, встречаются длинные предложения с перегруженной логикой или повторения слов («разработка технологии технологии...», стр. 47).
12.	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)	Научный уровень публикаций докторанта по теме диссертационного исследования подтверждается наличием статей в международных рейтинговых научных журналах, индексируемых в базах Scopus и Web of Science. Эбдікерім Б.Е. является соавтором 6 научных статей, опубликованных по тематике диссертационного исследования, в трех из которых выступает в качестве первого автора, что свидетельствует о её значительном личном вкладе в проведение научных изысканий, анализ результатов и формулирование научных выводов. Данные публикации отражают основные научные положения, выносимые на защиту, и обеспечивают необходимый уровень апробации полученных результатов.
13.	Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения	Диссертационная работа Эбдікерім Бекзат Ерубайұлы на тему: «Получение модифицированных сорбентов на основе природного сырья для извлечения урана», выполнена в полном объёме и соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертационным работам PhD, имеет новизну, актуальность и заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07204 – «Металлургическая инженерия».

Заведующий лабораторией синтеза и физикохимии полимеров,
АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова»,
Доктор химических наук, профессор

