

**Отзыв официального рецензента
на диссертационную работу Есимкановой Умит Мусабековны на тему "Разработка технологии извлечения сопутствующих редкоземельных металлов при подземном выщелачивании урана", представленной на соискание степеней доктора философии (PhD) по специальности 6D072000 – Химическая технология неорганических веществ**

№п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента	
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: 1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы) 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)	Соответствует	Диссертационная работа выполнялась в рамках Постановления Правительства Республики Казахстан от 26 ноября 2014 года № 1237 «План развития разработки редких и редкоземельных металлов в Республике Казахстан» и Дорожной карты по научно-исследовательским работам по расширению ресурсной базы и организации производства РrЗМ от 25 октября 2021 г.
2.	Важность для науки	Работа вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта	Впервые получены равновесные (коэффициенты разделения и распределения), кинетические (коэффициенты диффузии) и динамические (кинетические коэффициенты) характеристики сорбции скандия и других редкоземельных элементов на фосфорсодержащем катионите Pygolite MTS 9580 из реального выщелачивания урановых руд месторождений Казахстана. Полный комплекс проведенных исследований по изучению нового катионита применительно к извлечению редкоземельных элементов вносит существенный вклад в науку, расширяя базу данных по характеристикам сорбентов. Важность работы хорошо раскрыта, поскольку научные достижения работы направлены на разработку методов получения элементов, широко востребованных в настоящее время в различных отраслях промышленности.	
3.	Принцип	Уровень самостоятельности:	Уровень самостоятельности автора диссертационной	

	самостоятельности	<p>1) <u>Высокий</u>; 2) <u>Средний</u>; 3) <u>Низкий</u>; 4) <u>Самостоятельности нет</u></p>	<p>работы заключается в анализе литературных данных, проведенный большого комплекса сорбционных исследований с привлечением физико-химических методов анализа нового для рудов подземного выщелачивания урановых руд месторождений Казахстана фосфорсодержащего катионита Риголите MTS 9580, осуществлении математической обработки результатов, составлении схемы выделения скандия из растворов подземного выщелачивания, обобщении и интерпретации полученных экспериментальных данных и выводов.</p>
4.	Принцип внутреннего единства	<p>4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) <u>Обоснована</u>; 2) <u>Частично обоснована</u>; 3) <u>Не обоснована</u>.</p>	<p>На основании анализа литературных сведений, наличия Дорожной карты по научно-исследовательским работам по расширению ресурсной базы и организации производства РигЗМ от 25 октября 2021 г., прогнозу востребованности редких элементов диссертантом обоснована актуальность диссертации, связанная с попутным извлечением дорогостоящего и имеющего перспективы расширения применения редкоземельного элемента – скандия из растворов подземного выщелачивания урановых руд месторождений Казахстана.</p>
	<p>4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) <u>Отражает</u>; 2) <u>Частично отражает</u>; 3) <u>Не отражает</u></p> <p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) <u>соответствуют</u>; 2) <u>частично соответствуют</u>; 3) <u>не соответствуют</u></p> <p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) <u>полностью взаимосвязаны</u>; 2) <u>взаимосвязь частичная</u>; 3) <u>взаимосвязь отсутствует</u></p>	<p>Диссертационная работа посвящена разработке технологии извлечения сопутствующих редкоземельных металлов при подземном выщелачивании урана, что полностью отражает тему диссертации.</p> <p>Диссертационную работу отличает целостность и логичность постановки цели и задач, а также путей их реализации.</p> <p>Разделы и положения диссертационной работы логически взаимосвязаны, начиная с систематического анализа редкоземельных и других редких элементов в растворах подземного выщелачивания урановых руд месторождений Казахстана, изучения физико-химических характеристик сорбции РЗЭ имеющимися коммерческими ионитами разного состава, апробацией лучших результатов и определением технологических</p>	

	<p>4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: критического анализ есть.</p> <p>1) критический анализ есть;</p> <p>2) анализ частичный;</p> <p>3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов</p>	<p>параметров процесса по разработанной схеме. Структура диссертации логична, все разделы и положения диссертации полностью взаимосвязаны.</p> <p>Высокий научный уровень выполненного исследования подтверждается научными публикациями как в Казахстанских журналах (Химический журнал Казахстана), так и в журналах ближнего и дальнего зарубежья (Химическая промышленность сегодня, Eurasian Chemical-Technological Journal), апробацией результатов на международных конференциях и симпозиумах, а также получением патента на полезную модель РК. Критический анализ есть.</p>
<p>5. Принцип научной новизны</p>	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p> <p>1) полностью новые;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Степень новизны каждого научного результата, сформулированного в диссертации, состоит в том, что хотя катиониты и использовались для извлечения скандия и редкоземельных элементов, но фосфорсодержащий катионит Purolite MTS 9580 впервые изучен применительно к растворам подземного выщелачивания урановых руд, в связи с чем полученные его характеристики и разработанную на его основе схему можно оценивать как полностью новые.</p>
	<p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?</p> <p>1) полностью новые;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Выводы диссертации, основанные на использовании нового катионита, являются полностью новыми, что подтверждается опубликованием основных выводов работы в статье «The Study of the Kinetic Characteristics of Sorption of Scandium of Ion Exchanger Purolite MTS9580 from Return Circulating Solutions of Underground Leaching of Uranium Ores в журнале Eurasian Chemical-Technological Journal.</p>
	<p>5.3 Технические, технологические, экономические или решения являются новыми и обоснованными: полностью новые</p> <p>1) полностью новые;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются полностью новыми и обоснованными, поскольку основаны на использовании нового для объекта материала – селективного на скандий фосфорсодержащего катионита Purolite MTS 9580, позволяющего с большими обменной емкостью, коэффициентами распределения и разделении при выбранной автором работы кислотности извлекать скандий.</p>

6.	Обоснованность основных выводов	<p>Все основные выводы основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах</p>	<p>Степень обоснованности и достоверности основных выводов диссертации основана на большом экспериментальном материале, выполненном с использованием современных физико-химических методов исследования ионов, таких как рентгенодифрактометрический, метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, адсорбция азота, элементный анализ, просвечивающая электронная микроскопия, ИК спектроскопия, а также детальным изучением их сорбционных свойств для выделения скандия и других РЗЭ из растворов подземного выщелачивания. Диссертантом изучены основные сорбционные характеристики нового для объекта фосфорсодержащего катионита Pyrolite MTS 9580 с апробацией на реальных растворах подземного выщелачивания, поэтому выводы основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах</p>
7.	Основные положения, выносимые на защиту	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:</p> <p>Положение 1: подкисление исходного МСУ до концентрации $H_2SO_4 - 15 \text{ г/дм}^3$ позволяет увеличить обменную емкость катионита Pyrolite MTS9580 по скандию до 200 мг/дм^3, применение десорбирующего раствора с концентрацией $150 \text{ г/дм}^3 Na_2CO_3$ дает возможность провести десорбцию скандия со смолы Pyrolite MTS9580 со степенью извлечения 89%</p> <p>7.1 Доказано ли положение? 1) доказано; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано</p> <p>7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) нет</p> <p>7.3 Является ли новым?</p>	<p>Основные положения, выносимые на защиту, являются доказанными, нетривиальными, новыми, обоснованными в публикациях и могут найти широкое применение широкое применение не только для извлечения скандия и РЗЭ из урановых руд месторождений Казахстана, но и месторождений других стран</p> <p>Положение 1. 7.1) Доказано испытанием выявленных условий сорбции и десорбции при извлечении скандия. 7.2) Не является тривиальным, поскольку потребовало изучения влияния кислоты и изменения кислотности раствора. 7.3) Является новым, так как совокупность выявленных условий ранее не были использована для извлечения скандия из растворов подземного выщелачивания 7.4) Уровень для применения широкий в отрасли, так как имеются другие месторождения в Казахстане и СНГ, где полученные результаты могут быть востребованы. 7.5) Доказано в статье «The Study of the Kinetic</p>

	<p>1) <u>да</u>; 2) <u>нет</u></p> <p>7.4 Уровень для применения: 1) <u>узкий</u>; 2) <u>средний</u>; 3) <u>широкий</u></p> <p>7.5 Доказано ли в статье? 1) <u>да</u>; 2) <u>нет</u></p> <p>Положение 2 - применение дробной десорбции позволяет разделить скандий и основные примеси с получением богатого по содержанию скандия десорбата.</p> <p>7.1 Доказано ли положение? 1) <u>доказано</u>; 7.2 Является ли тривиальным? 2) <u>нет</u></p> <p>7.3 Является ли новым? 1) <u>да</u>;</p> <p>7.4 Уровень для применения: 1) <u>узкий</u>; 7.5 Доказано ли в статье? 1) <u>да</u></p> <p>Положение 3: повторная сорбция скандия на анионите Ambetser 920 с насыщением до 0,4 кг/м³ и последующая десорбция скандия нитратными растворами позволяет получить более богатый и чистый товарный десорбат для последующего прямого осаждения скандия;</p> <p>7.1 Доказано ли положение? 1) <u>доказано</u>; 2) <u>скорее доказано</u>; 3) <u>скорее не доказано</u>; 4) <u>не доказано</u></p> <p>7.2 Является ли тривиальным? 1) <u>да</u>; 2) <u>нет</u></p>	<p>Characteristics of Sorption of Scandium of Ion Exchanger Purolite MTS9580 from Return Circulating Solutions of Underground Leaching of Uranium Ores в журнале Eurasian Chemical-Technological Journal, а также в полученном патенте на способ извлечения скандия из маточных растворов сорбции урана ионообменной смолой Purolite MTS 9580.</p> <p>Положение 2: 7.1. Положение доказано экспериментальными результатами по раздельному элюированию скандия и основных примесей</p> <p>7.2. Положение не является тривиальным, поскольку раздельные характеристики сорбента из реальных растворов зависят от многих причин.</p> <p>7.3. Положение является новым, так как ранее выбранный сорбент не использовался для сопутного извлечения скандия.</p> <p>7.4. Уровень для применения узкий, так как определяется составом раствора для конкретного месторождения.</p> <p>7.5. Информация по дробной десорбции частично изложена в Химическом журнале Казахстана в 2020 г.</p> <p>Положение 3: 7.1) Положение доказано эффективностью использования анионита Ambetser 920 при вторичном сорбционном концентрировании скандия, позволяющем получить товарный десорбат для последующего прямого осаждения скандия оксалатом с последующей прокалкой до оксида скандия.</p> <p>7.2) Положение не является тривиальным, поскольку использование анионита Ambetser 920 при вторичном сорбционном концентрировании скандия из элюатов, полученных при десорбции скандия с катионита Purolite MTS 9580, насыщенного из растворов подземного выщелачивания, зависит от многих</p>
--	---	---

<p>7.3 Является ли новым? Да</p> <p>1) <u>да</u>; 2) нет</p> <p>7.4 Уровень для применения: В рамках отрасли широкий</p> <p>1) узкий; 2) <u>средний</u>; 3) широкий</p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>1) <u>да</u>; 2) <u>нет</u></p>	<p>параметров.</p> <p>7.3) Положение является новым, так как ранее анионит Amberg 920 для вторичного концентрирования из элюатов, полученных при десорбции скандия с катионита RigoLite MTS 9580, насыщенного из растворов подземного выщелачивания, не использовали и не испытывали.</p> <p>7.4) Уровень для применения широкий в отрасли, так как имеются другие месторождения в Казахстане и СНГ, где полученные результаты могут быть востребованы.</p> <p>7.5) Хотя в статье отсутствует информация по использованию анионита Amberg 920 для вторичного концентрирования скандия, однако результаты исследований, представленные в диссертации, полностью подтверждают возможность и доказанность процесса.</p>
<p>Положение 4:</p> <p>7.1 Доказано ли тривиальным?</p> <p>1) <u>да</u>; 2) <u>нет</u></p> <p>7.2 Является ли новым?</p> <p>1) <u>да</u>; 2) <u>нет</u></p> <p>7.3 Является ли новым?</p> <p>1) <u>да</u>; 2) <u>нет</u></p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>1) узкий; 2) <u>средний</u>; 3) <u>широкий</u></p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>1) <u>да</u>;</p>	<p>Положение 4:</p> <p>7.1) Положение доказано получением оксида скандия по предлагаемой технологической схеме.</p> <p>7.2) Оно не является тривиальным, поскольку схема селективного на скандий, и совокупности оксидов, включающей второе сорбционное концентрирование на анионите Amberg 920.</p> <p>7.3) Является новым, поскольку сведения о такой схеме сорбционно-десорбционного концентрирования скандия отсутствуют.</p> <p>7.4) Уровень для применения широкий в отрасли, так как имеются другие рудники в Казахстане и СНГ, где полученные результаты могут быть востребованы.</p> <p>7.5) Хотя в статье отсутствует информация по апробации предложенной схемы сорбционно-десорбционного концентрирования скандия, однако результаты исследований, представленные в диссертации, полностью подтверждают возможность и доказанность процесса.</p>
<p>Положение 4:</p> <p>7.1 Доказано ли тривиальным?</p> <p>1) <u>да</u>; 2) <u>нет</u></p> <p>7.2 Является ли новым?</p> <p>1) <u>да</u>; 2) <u>нет</u></p> <p>7.3 Является ли новым?</p> <p>1) <u>да</u>; 2) <u>нет</u></p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>1) узкий; 2) <u>средний</u>; 3) <u>широкий</u></p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>1) <u>да</u>;</p>	<p>Положение 4:</p> <p>7.1) Положение доказано получением оксида скандия по предлагаемой технологической схеме.</p> <p>7.2) Оно не является тривиальным, поскольку схема селективного на скандий, и совокупности оксидов, включающей второе сорбционное концентрирование на анионите Amberg 920.</p> <p>7.3) Является новым, поскольку сведения о такой схеме сорбционно-десорбционного концентрирования скандия отсутствуют.</p> <p>7.4) Уровень для применения широкий в отрасли, так как имеются другие рудники в Казахстане и СНГ, где полученные результаты могут быть востребованы.</p> <p>7.5) Хотя в статье отсутствует информация по апробации предложенной схемы сорбционно-десорбционного концентрирования скандия, однако результаты исследований, представленные в диссертации, полностью подтверждают возможность и доказанность процесса.</p>

	<p>8.1. Методология работы достаточно подробно описана в разделе экспериментальной часть. Она включает описание методики анализов, методик агитационного и фильтрационного выщелачивания, сорбции в статическом и динамическом режимах, кинетики сорбции. Приведены схемы используемых установок, указаны методы анализа скандия и приведены уравнения, используемые для расчета сорбционных характеристик.</p>	<p>8.1. Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана. 1) да; 2) нет</p>	<p>8.1. Методология работы достаточно подробно описана в разделе экспериментальной часть. Она включает описание методики анализов, методик агитационного и фильтрационного выщелачивания, сорбции в статическом и динамическом режимах, кинетики сорбции. Приведены схемы используемых установок, указаны методы анализа скандия и приведены уравнения, используемые для расчета сорбционных характеристик.</p>
	<p>8.2. Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий. 1) да; 2) нет</p>	<p>8.2. Физико-химические исследования проведены диссертантом в Казахском национальном университете имени Аль-Фараби и Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева при научном консультировании д.х.н., профессора Матаева М.М. и д.х.н., профессора Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева АLEXИНОЙ М.Б. (Россия). В работе обосновано использование современных физико-химические методы исследования ионов, такие как рентгенодифрактометрический, метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, адсорбция азота, элементный анализ, просвечивающая электронная микроскопия, ИК спектроскопия.</p>	<p>8.2. Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий. 1) да; 2) нет</p>
	<p>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). 1) да; 2) нет</p>	<p>8.3. Выявление нового катионита для селективного извлечения скандия, а также выбор оптимальных технологических условий получения его товарного продукта - оксида скандия является существенным вкладом в развитие сорбционной технологии редких элементов. Высокий научный уровень выполненного исследования подтверждается научными публикациями как в отечественных журналах, так и в журналах дальнего зарубежья, а также апробацией результатов на</p>	<p>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). 1) да; 2) нет</p>

		<p>международных конференциях.</p> <p>8.4. Важные утверждения подтверждены ссылками на современную, актуальную и достоверную научную литературу.</p> <p>8.5. В диссертационной работе список использованной литературы содержит 101 источник, что является достаточным для литературного обзора.</p>
<p>9</p> <p>Принцип практической ценности</p>	<p>8.4 Важные утверждения подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу</p> <p>8.5 Использованные источники литературы достаточны для литературного обзора</p> <p>9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) да; 2) нет</p> <p>9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) да; 2) нет</p> <p>9.3 Предложения для практики являются новыми? Полностью новыми 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Полученные новые характеристики сорбции скандия и других РЗЭ фосфорсодержащим катионитом PuroLite MTS 9580 расширяют базу данных по используемым сорбентам.</p> <p>Диссертационная работа посвящена извлечению скандия из растворов подземного выщелачивания полиэлементного уранового сырья для расширения производства редкометаллической продукции, востребованной для создания новых материалов, что имеет большое практическое значение и дает высокую вероятность применения полученных результатов на практике</p> <p>Разработанная технология сорбционно-десорбционного извлечения скандия отличается новизной, подтвержденной патентом РК и может быть востребована на рудниках в Казахстане и СНГ.</p>
<p>10.</p> <p>Качество написания и оформления</p>	<p>Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.</p>	<p>Достаточно высокое</p> <p>По работе имеются замечания и пожелания: 1. В составе товарного десорбата наряду со скандием (220 мг/дм³) присутствует торий (2,7 мг/дм³). Какие пути очистки десорбата и/или получаемого оксида скандия от этого радиоактивного элемента? 2. В работе приведены данные, полученные методом сканирующей</p>

		<p>электронной микроскопии (рис. 35, с. 84), однако описание и обсуждение этих результатов отсутствует.</p> <p>3. Автор объясняет взаимодействие скандия с катионитом MTS9580 координационной связью между ионами скандия и функциональной группой катионита. Следовало бы уточнить, какими ионами скандия и какими функциональными группами слабокислотного катионита.</p> <p>4. В работе имеются опечатки и неточности: например, в выводе 5, с. 99 написано, что сильноосновный анионит Ambersep 920 содержит в качестве функциональных групп третичные амины (в этом случае ионит был бы слабоосновным), он содержит группы четвертичного аммониевого основания. В списке литературы отсутствуют в ряде ссылок название статей. Модель Бойда (с. 3, раздел 5.3.1) следовало бы называть моделью Бойда, Адамсона и Майерса.</p> <p>Тем не менее, указанные замечания не носят принципиального характера и не затрагивают основных положений, выводов и научных результатов работы</p>
--	--	--

Решение официального рецензента:
 присудить степень доктора философии (PhD) по специальности 6D072000 – Химическая технология неорганических веществ.

Профессор кафедры технологии редких элементов
 и наноматериалов на их основе
 Федерального государственного бюджетного образовательного
 учреждения высшего образования
 «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»,
 доктор технических наук, профессор


 И.Д. Трошкина

Подпись Трошкиной Ирины Дмитриевны заверяю:

Ученый секретарь РХТУ им. Д.И.Менделеева,
 доцент, к.х.н.

