

## ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу  
Есимкановой Умит Мусабековны на тему «Разработка технологии извлечения сопутствующих редкоземельных металлов при подземном выщелачивании урана», предоставленную на соискание степени 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	<p>1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам:</p> <p>1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы)</p> <p>2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы)</p> <p>3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному <u>Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)</u></p>	<p>Диссертационная работа соответствует приоритетным направлениям науки: 25 октября 2021 года была принята Дорожная карта по научно-исследовательским работам по расширению ресурсной базы и организации производства РМ и РЗМ на 2021-2025 года. В ней выбрано целое направление по поисковым работам по разработке технологий извлечения РЗМ. Работа выполнялась в рамках проекта: «Поисковые исследования возможностей полупроводников извлечения скандия из растворов подземного скважинного выщелачивания урана».</p>
2.	Важность для науки	Работа вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта	<p>В работе исследованы основные закономерности сорбционного концентрирования скандия из маточных растворов сорбции, разработана технологическая схема получения скандия без существенных изменений основной урановой технологии. Получены хорошие</p>

			<p>результаты по разделению скандия от основных примесей, что вносит существенный вклад в науку и важно для практического применения.</p>
3.	<p>Принцип самостоятельности</p>	<p>Уровень самостоятельности:  1) Высокий;  2) Средний;  3) Низкий;  4) Самостоятельности нет</p>	<p>Уровень самостоятельности автора диссертационной работы заключается в анализе литературных данных, выполнении экспериментальной части работы, в выполнении физико-химических методов анализа, обобщении и интерпретации полученных экспериментальных данных и выводов.</p>
4.	<p>Принцип внутреннего единства</p>	<p>4.1 Обоснование актуальности диссертации:  1) <u>Обоснована</u>;  2) Частично обоснована;  3) Не обоснована.</p> <p>4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:  1) <u>Отражает</u>;  2) Частично отражает;  3) Не отражает</p> <p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:  1) <u>соответствуют</u>;  2) частично соответствуют;  3) не соответствуют</p> <p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:</p>	<p>В связи с нарастающей потребностью аэрокосмической и электронной промышленности в редких и редкоземельных металлах, а также отсутствием в Казахстане технологически и экономически приемлемых технологий их извлечения, актуальность диссертационной работы не вызывает сомнения.</p> <p>Диссертационная работа посвящена разработке технологии извлечения наиболее перспективного с технологической и экономической точки зрения попутного полезного компонента, что полностью отражает тему диссертационной работы.</p> <p>Поставленные цели и задачи диссертации полностью реализованы и логически взаимосвязаны</p> <p>Разделы и положения диссертации</p>

		<p>логически взаимосвязаны, начиная от выбора наиболее перспективного ИПК, разработки технологии его извлечения, составления технологической схемы извлечения ИПК и технико – экономического обоснования, разработанной технологии.</p>
	<p>1) <u>полностью взаимосвязаны</u>;  2) взаимосвязь частичная;  3) взаимосвязь отсутствует</p>	<p>Проведена оценка применения для сорбции ионов скандия катионита - Purolite MTS 9580 по сравнению с ранее разработанной технологией извлечения скандия катионитом TP-260. Предложены технологические решения, такие как: подкисление исходного раствора и дробная десорбция скандия и примесей, позволяющие значительно увеличить значения концентрирования скандия и его разделения от примесей.</p>
<p>5. Принцип научной новизны</p>	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?  1) полностью новые;  2) частично новые (новыми являются 25-75%);  3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Степень новизны заключается в том, что на основании результатов диссертационной работы была впервые описана технологическая схема получения оксида скандия из МСУ урановых рудников Казахстана, состоящая из двух этапов сорбционного концентрирования скандия, оксалатного осаждения и прокалки. Предложены технологические приёмы, позволяющие в максимальной степени осуществлять процессы концентрирования и разделения скандия.</p>
	<p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?  1) <u>полностью новые</u>;</p>	<p>Выводы диссертации являются новыми и полностью соответствуют</p>

		<p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);  3) не новые (новыми являются менее 25%)</p> <p>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%)</p>	<p>поставленным задачам.</p> <p>Технологические решения, определённые в ходе выполнения диссертационной работы, позволяют получать оксид скандия с производительностью 0,101 кг/час. Технико-экономический расчёт разработанной технологии показал умеренную доходность.</p>
6.	Обоснованность основных выводов	<p>Все основные выводы основаны/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)</p>	<p>Все основные выводы обоснованы в экспериментальной части.</p>
7.	Основные положения, выносимые на защиту	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:  Положение 1 - Подкисление исходного МСУ до концентрации H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 15 г/дм<sup>3</sup> увеличивает обменную ёмкость катионита Purolite MTS9580 по скандию до 200 мг/дм<sup>3</sup>.  7.1 Доказано ли положение?  1) да;  7.2 Является ли тривиальным?  2) нет  7.3 Является ли новым?  1) да;  7.4 Уровень для применения:  1) узкий;  7.5 Доказано ли в статье?  1) да</p>	<p>7.1) Положение 1 полностью доказано. Установлено, что при подкислении МСУ до кислотности: 5,10,15 г/дм<sup>3</sup> происходит увеличение статической обменной ёмкости катионита по скандию и составляет соответственно: 0,185; 0,285; 0,384мг/г. При этом сорбция конкурирующих примесей значительно уменьшается. В динамических условиях ПДОЕ катионита по скандию при кислотности 15 г/дм<sup>3</sup> составляет 200 мг/дм<sup>3</sup>.  7.2) Положение не является тривиальным, отражено в статье: «The study of the kinetic characteristics of sorption of scandium from return circulating Purolite MTS9580 from underground leaching of uranium ores» // «Eurasian Chemical Technological Journal. 2020. -Vol. 22. -P. 135-140. IF 0.871 Quartile Q3»;  7.3) Да, повышение ёмкости</p>

<p>слабокислотного катионита по скандию за счет увеличения кислотности исходного раствора является новым: //Сборник докладов Международной Инновационной Школы «Перспективы и технологии для диверсификации деятельности АО «НАК «Казатомпром». 20-22 сентября Алматы, 2018г.;</p> <p>7.4) Является узким, так как количественные значения по кислотности и сорбции касаются только данного ионита Rigolite MTS9580;</p> <p>7.5) Доказано в статье, опубликованной в «Eurasian Chemico-Technological Journal. 2020. -Vol. 22.</p> <p><i>По данному положению имеется следующее замечание:</i></p> <p><i>Почему при исследовании процесса сорбции скандия ограничили кислотностью <math>MSU = 15 \text{ г/дм}^3</math>. В соответствии с рисунком 32 видно, что увеличение кислотности выше <math>15 \text{ г/дм}^3</math> должно способствовать дальнейшему увеличению емкости катионита по скандию и уменьшению конкурирующей сорбции примесей.</i></p> <p>7.1) Положение 2 полностью доказано. Дробная десорбция позволяет осуществить разделение примесей и скандия.</p> <p>7.2-7.3) Положение новое и не является</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?</p> <p>1) доказано;</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?</p>	
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

<p>2) нет</p> <p>7.3 Является ли новым? 1) да;</p> <p>7.4 Уровень для применения: 1) широкое;</p> <p>7.5 Доказано ли в статье? 1) да</p>	<p>тривиальным. При сернокислотной десорбции из катионита хорошо десорбируются примеси, скандий при данных условиях не извлекается из смолы. Последующая карбонатная десорбция позволяет извлечь скандий из ионита на 90% с получением богатого по скандию десорбата.</p> <p>7.4) Имеет широкий уровень применения для разделения подобных примесей от основного компонента.</p> <p>7.5) Применение дробной десорбции подтвержден в публикации в виде статьи Химический журнал Казахстана. – 2020. №1, УДК 546.63. –С. 169-182.</p>	
<p>Положение 3 - повторная сорбция скандия на анионите Ambersep 920U с насыщением до 0,4 кг/м<sup>3</sup> и последующая десорбция скандия нитратными растворами позволяют получить более богатый (220 мг/дм<sup>3</sup>) и чистый товарный десорбат для последующего прямого осаждения скандия.</p> <p>7.1 Доказано ли положение? 1) доказано;</p> <p>7.2 Является ли тривиальным? 2) нет</p> <p>7.3 Является ли новым? 1) да;</p> <p>7.4 Уровень для применения: 1) узкий;</p> <p>7.5 Доказано ли в статье? 1) нет</p>	<p>7.1) Положение 3 полностью доказано. В результате повторного сорбционного концентрирования скандия на анионите Ambersep 920U с последующей десорбцией нитратными растворами скандий удалось сконцентрировать в 5,5 раз.</p> <p>7.2-7.3) Это новое, и нетривиальное положение, за счет повторного концентрирования скандия можно получить более богатый (220 мг/дм<sup>3</sup>) и чистый товарный десорбат для последующего прямого осаждения скандия.</p> <p>7.4) Положение является узким, так как процесс направлен для концентрирования скандия.</p> <p>7.5) Результаты не отражены в статьях.</p>	<p>По данному положению имеется</p>

следующее замечание:

Чем можно объяснить низкое концентрирование скандия на втором этапе сорбции, является ли концентрирование скандия в 5,5 раз технологически и экономически приемлемым приёмом.

Положение 4 - технологическая схема сорбционно-десорбционного извлечения скандия из возвратных растворов подземного скважинного выщелачивания урана рудника «б» обеспечивает производительность 0,101 кг/час оксида скандия.

- 7.1 Доказано ли положение?  
1) доказано;  
2) нет
- 7.2 Является ли тривиальным?  
1) да;  
2) нет
- 7.3 Является ли новым?  
1) да;  
2) нет
- 7.4 Уровень для применения:  
1) широкое;  
2) ограниченное
- 7.5 Доказано ли в статье?  
1) да;  
2) нет

7.1) Положение 4 полностью доказано. По результатам проведённых экспериментальных работ была разработана детальная схема получения  $Sc_2O_3$  с производительностью 0,101 кг/час оксида скандия.

7.2-7.3) Положение новое и не является тривиальным. Технико-экономический расчет разработанной технологической схемы извлечения скандия из маточных растворов сорбции урана показал умеренную доходность: ожидается получение средней чистой прибыли в размере – 557 000 \$ в год.

7.4) Имеется широкий потенциал применения разработанную технологию в опытно-промышленном масштабе на других уранодобывающих предприятиях.

7.5) Результаты положения 4 отражены в патенте: «Способ извлечения скандия из маточных растворов сорбции урана», №34597

8.	Принцип достоверности источников и предоставляемой информации	<p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана</p> <p>1) <u>да</u>; 2) нет</p> <p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:</p> <p>1) <u>да</u>; 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):</p> <p>1) <u>да</u>; 2) нет</p>	<p>Методология работы достаточно подробно описана в разделе экспериментальная часть. Она включает описание методики проведения выщелачивания урановой руды, методику проведения фильтрационного выщелачивания урановой руды, методику процесса сорбции в статическом режиме.</p> <p>Приведена схема установки сорбционно-десорбционного концентрирования, указаны методы анализов, используемые при определении скандия и примесных элементов в растворах и ионитах</p> <p>Да, результаты диссертационной работы получены с использованием всех необходимых современных методов научных исследований и интерпретации данных с применением компьютерных технологий для изучения структурных, кинетических и сорбционно-десорбционных характеристик катионитов.</p> <p>Результаты диссертационной работы обладают большим вкладом в фундаментальную и практическую науку. Высокий научный уровень выполненного исследования подтверждается научными публикациями как в отечественных журналах, так и в журналах зарубежья.</p>
----	---------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



		<p>8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу</p> <p>8.5 Использованные источники литературы достаточны для литературного обзора</p>	<p>Важные утверждения подтверждены ссылками на современную, актуальную и достоверную научную литературу.</p> <p>В диссертационной работе список используемой литературы содержит 101 источник, что является достаточным для литературного обзора.</p>
9	Принцип практической ценности	<p>9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) <u>да</u>; 2) нет</p> <p>9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) <u>да</u>; 2) нет</p>	<p>Данная работа является научным исследованием, в котором решаются как теоретические, так и прикладные задачи. На основании изучения кинетики сорбции скандия ионитом Purolite MTS9580 из МСУ установлено, что механизм сорбционного процесса имеет сложный характер. Процесс сорбции скандия ионитом Purolite MTS9580 лимитируется гелевой диффузией. Химическая стадия процесса сорбции скандия на катионите Purolite MTS9580 описывается моделью псевдотортого порядка (<math>R^2 = 0,999</math>); Предложен механизм сорбции скандия из сернокислых растворов на Purolite MTS9580. Методом ИК-спектроскопии было подтверждено формирование координационной связи между ионами скандия и функциональной группой MTS9580.</p> <p>Результаты диссертационной работы по оптимизации условий попутного извлечения скандия при подземном выщелачивании урана могут быть</p>

		<p>применены для реализации опытно-промышленных испытаний с последующим внедрением разработанной технологии на одном из предприятий АО «НАК «Казахомпром».</p>
	<p>9.3 Предложения для практики являются новыми?  1) полностью новые;  2) частично новые (новыми являются 25-75%);  3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Впервые разработана детальная схема получения <math>Sc_2O_3</math> с полным материальным балансом, удельными нормами расходов, годовым потреблением реагентов, характеристиками всех колонн, потоков, перегрузов.</p>
10.	<p>Качество написания и оформления</p>	<p>Качество академического письма:  1) высокое;  2) среднее;  3) ниже среднего;  4) низкое.</p>

Решение официального рецензента:  
присудить степень доктора философии (PhD) по специальности «6D072000- Химическая технология неорганических веществ»

Доктор химических наук, профессор  
кафедры химии Евразийского  
национального университета им. Л.Н. Гумилева

Печать организации



*(Handwritten signature in blue ink)*

