

Письменный отзыв официального рецензента на диссертационную работу Есжанова Армана Бахытжановича на тему «Гидрофобизация трековых мембран на основе полиэтилентерефталата для очистки водных сред методом мембранной дистилляции», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D060600 – Химия

№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 Диссертационное исследование выполнялось в рамках проекта грантового финансирования по научным и (или) научно-техническим проектам Комитета науки МОН РК по теме: AP05132110 “Получение трековых мембран с заданными свойствами для мембранной дистилляции и прямого осмоса” (2018-2020 гг.).
2.	Важность для науки	Работа вносит/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта/не раскрыта	Работа вносит существенный вклад в науку, были получены и гидрофобизированы трековые мембраны на основе полиэтилентерефталата и применены в очистке водных сред от солей, жидких радиоактивных отходов низкой активности и пестицидов методом мембранной дистилляции.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) Высокий; 2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет	Уровень самостоятельности диссертационной работы высокий. Вклад докторанта заключается в выполнении экспериментальной части, разработки методов модификации трековых мембран на основе полиэтилентерефталата, выполнении физико-химических методов анализа.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) Обоснована; 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована. 4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:	Актуальность диссертационного работы является обоснованным. Диссертационная работа посвящена модификации

		<p>1) <u>Отражает</u>;</p> <p>2) Частично отражает;</p> <p>3) Не отражает</p>	трековых мембран на основе полиэтилентерефталата для очистки водных сред от солей, пестицидов и жидких радиоактивных отходов методом мембранной дистилляции, что полностью отражает тему диссертации.
		<p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:</p> <p>1) <u>соответствуют</u>;</p> <p>2) частично соответствуют;</p> <p>3) не соответствуют</p>	Цели и задачи диссертационной работы логичны, целостны и полностью соответствуют теме диссертации
		<p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:</p> <p>1) <u>полностью взаимосвязаны</u>;</p> <p>2) взаимосвязь частичная;</p> <p>3) взаимосвязь отсутствует</p>	Диссертационная работа представлена в форме серии статей, согласно требованиям пункта 5-1 Правил присуждения степеней, утвержденных приказом Министра образования и науки Республики Казахстан от 09.03.2021 № 98.
		<p>4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:</p> <p>1) <u>критический анализ есть</u>;</p> <p>2) анализ частичный;</p> <p>3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов</p>	Полученные соискателем результаты исследований подтверждены современными физико-химическими и инструментальными методами. В работе приведен критический анализ ранее проведенных и современных исследований в данном направлении. Основные положения, выводы и научные результаты диссертации опубликованы в зарубежных журналах (Polymers, Separation and Purification Technology, Progress in Nuclear Energy, Chemical Papers, Membranes) и КОКСОН, доложены и обсуждены на международных конференциях
5.	Принцип научной новизны	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p> <p>1) <u>полностью новые</u>;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	Результаты диссертации являются полностью новыми. Соискателем получены модифицированные трековые мембраны на основе полиэтилентерефталата (поликондесацией силанов, фотоиницированной прививочной полимеризации триэтоксивинилсилана и стирола, иммобилизованными на поверхность наночастиц кремния). Синтезированные гидрофобные мембраны были исследованы в очистке вод от солей, пестицидов, жидких радиоактивных отходов низкой активности методом мембранной дистилляции.
		<p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?</p> <p>1) <u>полностью новые</u>;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	Выводы диссертационной работы являются полностью новыми и подтверждаются опубликованием в статьях, входящих в базу Scopus и Web of Science (в том числе обзорной).
		5.3 Технические, технологические, экономические или	Технические, технологические, экономические или

	<p>управленческие решения являются полностью новыми и обоснованными. Полученные модифицированные мембраны могут в дальнейшем применяться в обессоливании воды, очистки вод от пестицидов и жидких радиоактивных отходов низкой активности методом мембранной дистилляции.</p>
<p>мых очно им</p>	<p>Степень обоснованности и достоверности основных выводов диссертации основаны на экспериментальной части, выполненном с использованием комплекса инструментальных физико-химических методов анализа.</p>
<p>дому ланов лана) основе 20мМ ноле, епень евого еское ор до</p>	<p>Положение 1:</p> <p>7.1. Доказано Положение 1 доказано, т.к. данный способ модификации является простым и позволяет модифицировать трековые мембраны на основе полиэтилентерефталата с диаметрами пор до 210нм путем вымачивания в растворах силанов.</p> <p>7.2. Не тривиальное Ранее данный способ гидрофобизации трековых мембран на основе полиэтилентерефталата не был изучен.</p> <p>7.3. Новое Впервые получены гидрофобные ПЭТФ трековые мембраны путем поликонденсации перфтордодecilтрихлорсилана.</p> <p>Уровень применения – средний 7.4. Данный способ гидрофобизации можно применять в очистке вод от солей и пестицидов методом мембранной дистилляции, для мембран с диаметрами пор не более 210 нм.</p>

	<p>3) широкий</p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет</p> <p>Положение 2. <i>Оптимальными параметрами проведения реакции фотоиницируемой прививочной полимеризации триэтоксивинилсилана (ТЭВС) являются: 20% раствор ТЭВС в дихлорэтаноле с добавлением винилимидазола в количестве 3,3%, время реакции – 1ч., расстояние до УФ-источника – 10 см. При этом достигается повышение критического давления проникновения - $LEP > 4,3$ бар с диаметрами пор 200 нм, краевой угол смачивания достигает значения до $105 \pm 5^\circ$, что несколько меньше, чем для силанов ($109 \pm 5^\circ$);</i></p> <p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p>1) <u>доказано</u>;</p> <p>2) скорее доказано;</p> <p>3) скорее не доказано;</p> <p>4) не доказано</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p>1) да;</p> <p>2) <u>нет</u></p> <p>7.3 Является ли новым?</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет</p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>1) узкий;</p> <p>2) <u>средний</u>;</p> <p>3) широкий</p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет</p> <p>Положение 3. <i>Оптимальными параметрами проведения реакции полимеризации стирола являются: концентрация</i></p>	<p>7.5. Доказано Результаты опубликованы в обзорной статье «Recent progress in the membrane distillation and impact of track-etched membranes» в журнале Polymers.</p> <p>Положение 2:</p> <p>7.1. Доказано Положение 2 доказано тем, что рассмотрен другой метод гидрофобизации трековых мембран на основе полиэтилентерефталата путем фотоиницированной прививочной полимеризации триэтоксивинилсилана с добавлением винилимидазола.</p> <p>7.2. Не тривиальное Ранее данный способ модификации ПЭТФ трековых мембран ранее не проводился.</p> <p>7.3. Новое Впервые получены гидрофобные ПЭТФ трековые мембраны путем фотоиницированной прививочной полимеризации триэтоксивинилсилана с добавлением винилимидазола.</p> <p>7.4. Уровень применения – средний. Данный способ гидрофобизации можно применять в очистке вод от солей и пестицидов методом мембранной дистилляции, для мембран с диаметрами пор не более 200 нм.</p> <p>7.5. Доказано Результаты исследования отражены в обзорной статье «Recent progress in the membrane distillation and impact of track-etched membranes» в журнале Polymers.</p> <p>Положение 3:</p>
--	--	--

	<p><i>стирола – 40%, время реакции – 1ч., расстояние до УФ-источника – 7см. КУС составил 99°, при диаметре пор ~ 210 нм значение LEP составило 3,4 бар;</i></p> <p>7.1 Доказано ли положение? 1) <u>доказано;</u> 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано</p> <p>7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) <u>нет</u></p> <p>7.3 Является ли новым? 1) <u>да;</u> 2) нет</p> <p>7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) <u>средний;</u> 3) широкий</p> <p>7.5 Доказано ли в статье? 1) <u>да;</u> 2) нет</p> <p><u>Положение 4.</u> <i>Одновременное изменение химического состава поверхности и шероховатости мембран путем иммобилизации на поверхность мембраны гидрофобных наночастиц на основе оксида кремния обеспечивает наиболее высокую степень гидрофобизации с увеличением КУС до 125° с диаметрами пор 315 нм, значение LEP составило 3,5 бар;</i></p> <p>7.1 Доказано ли положение? 1) <u>доказано;</u> 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано</p>	<p>7.1. Доказано Положение 3 доказано, тем что гидрофобизация проводилась путем фотоиницированной прививочной полимеризацией стирола на поверхность ПЭТФ трековых мембран. Прививка стирола привела к увеличению производительности и степени очистки соли для мембран с диаметрами пор 135 и 210 нм.</p> <p>7.2. Не тривиальное Ранее данный способ модификации ПЭТФ трековых мембран ранее не проводился.</p> <p>7.3. Новое Впервые получены гидрофобные ПЭТФ трековые мембраны путем фотоиницированной прививочной полимеризации стирола.</p> <p>7.4. Уровень применения – средний. Данный способ гидрофобизации можно применять в очистке вод от солей методом мембранной дистилляции, для мембран с диаметрами пор не более 210 нм.</p> <p>7.5. Доказано Результаты доказаны в статье «Modification of PET ion track membranes for membrane distillation of low-level liquid radioactive wastes and salt solutions».</p> <p>Положение 4:</p> <p>7.1. Доказано. Положение 4 доказано, тем что изменение химического состава поверхности и шероховатости трековых мембран путем иммобилизации кремниевых наночастиц привело к значительному увеличению краевого угла смачивания, производительности и степени очистки. Данный способ модификации позволяет модифицировать мембраны с диаметрами пор до 315 нм.</p> <p>7.2. Не тривиальное</p>
--	--	--

	<p>7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) <u>нет</u></p> <p>7.3 Является ли новым? 1) <u>да</u>; 2) нет</p> <p>7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) <u>широкий</u></p> <p>7.5 Доказано ли в статье? 1) <u>да</u>; 2) нет</p> <p><i>Положение 5. Использование полученных ПЭТФ ТМ с регулярной геометрией пор с возможностью контроля их количества на единицу площади и рекордно узким распределением пор по размерам, а также с достаточно высокими значениями по КУС и LEP (LEP > 2,5 бар, КУС > 90°) обеспечивает высокую селективность мембран в процессах очистки воды от солей, пестицидов и радионуклидов методом МД.</i></p> <p>7.1 Доказано ли положение? 1) <u>доказано</u>; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано</p> <p>7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) <u>нет</u></p> <p>7.3 Является ли новым? 1) <u>да</u>; 2) нет</p> <p>7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний;</p>	<p>Ранее метод гидрофобизации путем иммобилизации кремниевых наночастиц на поверхность ПЭТФ трековых мембран не проводился.</p> <p>7.3. Новое Впервые получены гидрофобные ПЭТФ трековые мембраны путем иммобилизации кремниевых наночастиц.</p> <p>7.4. Уровень применения – широкий. Данный способ позволяет получить гидрофобные мембраны с диаметрами пор до 315 нм, что должно положительно повлиять на фильтрационные характеристики.</p> <p>7.5. Доказано Результаты доказаны в статье «Modification of PET Ion-Track Membranes by Silica Nanoparticles for Direct Contact Membrane Distillation of Salt Solutions».</p> <p>Положение 5.</p> <p>7.1. Положение 5 доказано тем, что использование гидрофобных трековых мембран на основе полиэтилентерефталата приводит к хорошим значениям по производительности и степени очистки соли, благодаря их уникальным свойствам.</p> <p>7.2. Не тривиальное.</p> <p>7.3. Новое. Впервые характеристические данные КУС и LEP были изучены для ПЭТФ трековых мембран с целью увеличения их селективности в процессе мембранной дистилляции.</p> <p>7.4. Уровень применения – широкий Особенности трековых мембран на основе полиэтилентерефталата делают их перспективными в очистке водных сред от солей, пестицидов и жидких радиоактивных отходов методом мембранной</p>
--	---	---

	<p>3) широкий</p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>1) да; 2) нет</p> <p>Положение 6. Результаты применения трековых мембран, гидрофобизованных силанами, триэтоксивинилсиланом, полистиролом, иммобилизацией на поверхность мембраны кремниевых наночастиц для очистки воды от хлорида натрия. Сравнительный анализ производительности и степени очистки воды от солей показал, что мембраны, полученные методом иммобилизации кремниевых наночастиц обладают наиболее высоким значением производительности (15000 г/м²·ч) и степенью очистки (~ 93%) при диаметре пор ~ 315 нм. При диаметрах пор 200 и 250 нм производительность составила 2200 и 6500 г/м²·ч, а степени очистки – 99% и 98% соответственно;</p> <p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p>1) доказано; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p>1) да; 2) нет</p> <p>7.3 Является ли новым?</p> <p>1) да; 2) нет</p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>1) узкий; 2) средний; 3) широкий</p>	<p>дистилляции,</p> <p>7.5. Доказано в статье</p> <p>Результаты доказаны в статьях «Recent progress in the membrane distillation and impact of track-etched membranes», «Modification of PET ion track membranes for membrane distillation of low-level liquid radioactive wastes and salt solutions», «Modification of PET Ion-Track Membranes by Silica Nanoparticles for Direct Contact Membrane Distillation of Salt Solutions».</p> <p>Положение 6.</p> <p>7.1. Положение 6 полностью доказано результатами исследования модифицированных кремниевыми наночастицами трековых мембран на основе полиэтилентерефталата в процессе мембранной дистилляции для очистки вод от солей. Наибольшее значение производительности при высокой степени очистки достигалось с использованием данного метода.</p> <p>7.2. Не тривиальное Данное положение является не тривиальным.</p> <p>7.3. Новое. Впервые модифицированные наночастицами кремния ПЭТФ трековые мембраны были использованы в очистке воды от солей методом мембранной дистилляции.</p> <p>7.4. Уровень применения – широкий Полученные гидрофобные трековые мембраны на основе полиэтилентерефталата, модифицированные кремниевыми наночастицами могут быть использованы в очистке вод от солей методом мембранной дистилляции.</p>
--	---	---

		<p>7.5 Доказано ли в статье? 1) <u>да;</u> 2) нет</p> <p>Положение 7. <i>Результаты применения трековых мембран, модифицированных полистиролом для очистки низкоактивных жидких радиоактивных отходов второго контура охлаждения исследовательского реактора ВВР-К (Институт ядерной физики, г.Алматы). Коэффициент дезактивации для мембран с диаметром пор 220 нм составил >85 для ^{60}Co, >1727 для ^{137}Cs, 5 для ^{241}Am. По степени очистки полученные мембраны превзошли в 4 раза коммерческие нановолокнистые ПТФЭ мембраны.</i></p> <p>7.1 Доказано ли положение? 1) <u>доказано;</u> 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано</p> <p>7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) <u>нет</u></p> <p>7.3 Является ли новым? 1) <u>да;</u> 2) нет</p> <p>7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) <u>средний;</u> 3) широкий</p> <p>7.5 Доказано ли в статье? 1) <u>да;</u> 2) нет</p>	<p>7.5. Доказано в статье Результаты доказаны в обзорной статье, опубликованной в журнале Polymers, также в статьях, опубликованными в журналах "Separation and Purification Technology" и "Membranes".</p> <p>Положение 7.</p> <p>7.1. Положение 7 доказано оценкой активности радиоизотопов ^{60}Co, ^{137}Cs и ^{241}Am до и после мембранной дистилляции. Доказано, что гидрофобизированные ПЭТФ трековые мембраны показали лучшие значения по коэффициентам дезактивации, чем ПТФЭ мембраны.</p> <p>7.2. Не тривиальное Данное положение является не тривиальным.</p> <p>7.3. Новое. Впервые гидрофобизированные ПЭТФ трековые мембраны были использованы в очистке ЖРО методом мембранной дистилляции.</p> <p>7.4. Уровень применения – средний Полученные гидрофобные мембраны представляют интерес для их использования в очистке ЖРО методом мембранной дистилляции.</p> <p>7.5. Доказано в статье Результаты доказаны в статье, опубликованной в журнале "Separation and Purification Technology" и в обзорной статье журнала Polymers.</p>
8.	Принцип достоверности Достоверность источников и	<p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно подробно описана 1) <u>да;</u> 2) нет</p>	<p>Методология проводимых исследований обоснована и достаточно подробно описана в обзорной статье. Она включает в себе описание методик модификации трековых мембран на основе полиэтилентерефталата, характеристики гидрофобных свойств. Также</p>

	предоставляемой информации		представлены схемы реакции, приведены уравнения, используемые для расчета степени прививки, степени дезактивации, а также для расчета производительности и степени очистки в ходе процесса мембранной дистилляции.
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) <u>да</u> ; 2) <u>нет</u>	Физико-химические исследования поверхности модифицированных мембран методами сканирующей электронной микроскопии, атомно-силовой микроскопии, ИК-спектроскопии проведены на базе Астанинского филиала Института ядерной физики Министерства энергетики Республики Казахстан, исследование методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии проводилось в Уральском центре коллективного пользования «Современные нанотехнологии».
		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) <u>да</u> ; 2) <u>нет</u>	Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальными исследованиями.
		8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u> /частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	Важные утверждения в обзорной статье подтверждены ссылками на современную, актуальную и достоверную научную литературу.
		8.5 Используемые источники литературы <u>достаточны</u> /не достаточны для литературного обзора	В обзорной статье соискателя представлен обширный список использованной литературы, включающий 189 источников.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) <u>да</u> ; 2) <u>нет</u>	Диссертационное исследование несет в себе практическое значение.
9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) <u>да</u> ; 2) <u>нет</u>		Диссертация имеет важное практическое применение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике для опреснения морской воды, засушливых или загрязненных местах.	

		<p>9.3 Предложения для практики являются новыми?</p> <p>1) <u>полностью новые</u>;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Гидрофобизированные трековые мембраны на основе полиэтилентерефталата могут быть предложены к внедрению для обессоливания вод в загрязненных районах, либо в районах где отсутствует доступ питьевой воды.</p>
10.	<p>Качество написания и оформления</p>	<p>Качество академического письма:</p> <p>1) <u>высокое</u>;</p> <p>2) среднее;</p> <p>3) ниже среднего;</p> <p>4) низкое.</p>	<p>Диссертационная работа Есжанова А.Б. представлена в виде серии статей и написана доступным, научным стилем.</p> <p>По диссертационной работе имеются следующие замечания, которые не умаляют достоинства работы, и не снижает высокий уровень ее выполнения:</p> <p>1. Разработан способ расчета степени очистки воды для конфигурации мембранной дистилляции DCMD, который является более точным по сравнению с описанными в литературе. Для сравнения полученных результатов на трековых мембранах с другими мембранами по степени очистки рекомендуется указывать оба способа расчета.</p> <p>2. Вопрос выбора материала трековой мембраны (на основе полиэтилентерефталата) требует уточнения, были ли проведены исследования мембранной дистилляции на трековых мембранах из других полимеров.</p> <p>3. Каковы перспективы практического применения способа очистки воды методом мембранной дистилляции.</p>

Решение официального рецензента: Рекомендовать Есжанова Армана Бахытжановича к присуждению степени доктора философии (PhD) по специальности «6D060600 – Химия».

Официальный рецензент:

д.х.н., профессор, главный научный сотрудник
 лаборатории термохимических процессов
 Химико-металлургического института им Ж.Абишева

Ш.Б. Касенова

Подпись д.х.н., проф., г.н.с. лаборатории термохимических процессов ХМИ им. Ж.Абишева Касеновой Ш.Б. заверяю.

Заместитель директора
 по научной работе ХМИ им. Ж. Абишева, к.т.н.

Н.Ю. Лу

