

Отзыв официального оппонента

о диссертационной работе **Трофимова Дениса Александровича** на тему «Модифицированные и армированные трековые мембраны: разработка и применение при анализе вод», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.02 – аналитическая химия

Диссертация Трофимова Д. А. посвящена разработке новых мембранных методов разделения и концентрирования веществ.

Развитие мембранных методов разделения и концентрирования веществ и частиц является актуальной задачей. Однако существующий подход зачастую не позволяет добиться максимальной производительности и минимальных потерь определяемых веществ. В связи с этим для получения более точной картины распределения требуется создание метода разделения на основе высокопроизводительных и мало адсорбирующих мембран, в частности, на основе трековых фильтров. Один из возможных подходов – это изменение поверхностных и геометрических свойств известных или создание новых мембран.

В рамках работы выполнен значительный объем разноплановых исследований, уделено внимание анализу поверхностных свойств мембран. Используя полученные на предварительном этапе данные, были выбраны пути модификации. Автор использовал интересные подходы для модификации поверхности мембран, основанные на воздействии низкотемпературной плазмы. Предложены различные конструкции реакторов для проведения процессов плазменной обработки поверхности трековых фильтров. Подробно рассмотрены различные полимеры-модификаторы, указаны трудности и пути их решения при работе с нелетучими мономерами. Очень интересным является предложенный автором подход, который заключается в прививке на поверхность мембран полимеров, конформационные размеры которых зависят от температуры. Показано, что изменение температуры приводит к существенному изменению производительности мембран по воде.

Улучшение механических свойств путем ламинирования высокопористых и конуснообразных трековых фильтров неткаными полимерами оказалось наиболее эффективным. Данный подход используется для других задач довольно часто, но в случае трековых мембран он использовался впервые. Одним из важных результатов диссертационной работы является практическое применение полученных мембран на реальных образцах вод.

Диссертация состоит из введения, обзора литературы, 4 глав экспериментальной части, общих выводов, списка цитируемой литературы и приложения. Материал изложен на 145 страницах текста, содержит 40 рисунков, 12 таблиц и библиографический список (154 наименования).

Во **введении** сформулированы актуальность диссертационной работы, цели и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость.

В **первой главе** приведён литературный обзор, описывающий принципы получения трековых мембран, достаточно подробно описаны современные мембраны и мембранные материалы, обращено внимание на различие свойств мембран полученных различными способами и из различных материалов. Достаточно подробно исследован вопрос, связанный с модификацией мембран, подробно рассмотрено большое количество методов модификации, при этом так же отмечены преимущества и недостатки того или иного способа. Часть обзора посвящена описанию физико-химических свойств трековых фильтров в процессах мембранного разделения.

Во **второй главе** описаны использованные в работе методики модификации поверхности трековых фильтров, реактивы, аппаратура, а так же методики проведения экспериментов, в частности, сравнение эксплуатационных характеристик мембран.

В **третьей главе** исследованы поверхностные свойства трековых мембран, проведены сравнения мембран различной природы и производителя. Указаны требования, которые предъявляются к модифицированным мембранам, а также выбраны методы модификации. Модифицировано или создано оборудование для плазменной обработки поверхности трековых пленок, их модификации различными полимерами. Подробно описаны сами методы, уделено внимание физико-химическим свойствам поверхности после обработки, приведены данные по сравнению исходных и полученных мембран. Приведены спектры рентген-фотоэлектронной спектроскопии, подтверждающие процесс нанесения полимера на поверхность. Описан процесс армирования и обоснована необходимость повышения прочностных характеристик мембран.

Четвертая глава полностью посвящена определению содержания и форм микрокомпонентов вод. Описано использование разработанного метода пробоподготовки с одновременным фракционированием в режиме реального времени с использованием армированных мембран. Приведен анализ полученных данных по содержанию микрокомпонентов в водах различных источников: рек Волга, Иртыш, Обь и Иваньковского водохранилища, а так же питьевой воды в г. Дубна.

В **выводах** сформулированы основные результаты, полученные в ходе выполнения работы.

Актуальность выполненной Трофимовым Д.А. работы обусловлена возможностью комбинации различных объектов, - мембран, в одном методе, позволяющем получать количественные данные по содержанию элементов. Кроме этого применение полученных армированных мембран в анализе реальных образцов показало перспективность такой технологии.

Научной новизной является использование армированных трековых мембран в анализе природных вод для фракционирования комплексных соединений металлов с макромолекулами. Так же разработаны методы повышения производительности трековых мембран с использованием геометрической и химической модификации.

Практическая значимость работы заключается в получении трековых мембран с улучшенными свойствами поверхности, имеющих малый внутренний объем, низкую адсорбционную способность, повышенную прочность, а также использование их в разработанном методе непрерывной мембранной фильтрации, при анализе реальных объектов воды.

В качестве **замечаний** можно отметить следующее.

- 1) Автором подробно не описаны методики выбора оптимальных условий плазменной обработки трековых фильтров, а именно, влияние напряжения, силы тока, расстояния между электродами и другие параметры.
- 2) В работе получены и подробно описаны мембраны со слоем смарт-полимера, показана зависимость производительности от температурных параметров, однако было бы интересно получить данные по практическому применению данных мембран.
- 3) В работе подробно рассмотрены армированные мембраны, полученные на основе высокопористых и конусообразных мембран, однако не совсем ясно, какие мембраны и на каких стадиях использовались при фракционировании.
- 4) Полезно сравнить армированные мембраны с разной основой (высокопористой или конусной), но одинаковым размером пор с точки зрения селективности, производительности, адсорбционных потерь.
- 5) К работе есть замечания по оформлению, в частности, на стр. 12 автореферата на графике отсутствуют оси координат, там же на стр. 22 в подписи к рисунку присутствует опечатка, а также не указаны названия осей. Некоторые графики в представленном виде сложны для восприятия.

Сделанные замечания носят частный характер и не влияют на общую положительную оценку представленной работы.

Рецензируемая работа Трофимова Д.А. «Модифицированные и армированные трековые мембраны: разработка и применение при анализе вод» полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным в пп. 9-11, 13-14 "Положения о присуждении ученых степеней", утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, и является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для развития методов концентрирования и определения антибиотиков, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.02 – аналитическая химия.

Булычев Николай Алексеевич

доктор химических наук, ведущий научный сотрудник

Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), г. Москва.

119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53

+7 (499) 132-62-47

<http://www.lebedev.ru/>

nbulychev@mail.ru

Я, Булычев Николай Алексеевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

« 4 » февраля 2019 г.

Подпись Булычева Н.А. заверяю:

Ученый секретарь

Физического института имени П.Н. Лебедева РАН.

к.ф.-м.н.



А.В. Колобов