

УТВЕРЖДАЮ:

Зам. Директора ГЕОХИ РАН

Луканин О.А.

«04» июля 2018 г.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Орден Ленина и Орден Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН).

Диссертация **«Модифицированные и армированные трековые мембраны: разработка и применение при анализе вод»** выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Орден Ленина и Орден Октябрьской Революции Институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН).

Соискатель **Трофимов Денис Александрович** в 2001 г. окончил химический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова по специальности «Химия».

В период подготовки диссертации **Трофимов Денис Александрович** являлся аспирантом лаборатории концентрирования Федерального государственного бюджетного учреждения науки Орден Ленина и Орден Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН).

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов по дисциплинам аналитическая химия и иностранный язык (английский) выдана 26.06.2018 г. Орден Ленина и Орден Октябрьской Революции Институтом геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН. Справка о сдаче экзамена по истории и философии науки выдана 09.04.2018 г. химическим факультетом Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (МГУ).

Трофимов Д.А. работает младшим научным сотрудником лаборатории концентрирования Федерального государственного бюджетного учреждения науки Орден Ленина и Орден Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН).

Научный руководитель:

доктор химических наук Шкинев Валерий Михайлович является ведущим научным сотрудником лаборатории концентрирования в Федеральном

государственном бюджетном учреждении науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН).

(Выписка из протокола объединенного семинара лаборатории концентрирования и лаборатории химических сенсоров и определения газообразующих примесей от 29 июня 2018 г.)

Присутствовали 35 человек: академик РАН Мясоедов Б.Ф., член-корр., д.х.н. Колотов В.П., член-корр., д.х.н., профессор Спиваков Б.Я., д.х.н. Марютина Т.А., д.х.н. Шкинев В.М., д.х.н. Федотов П.С., д.х.н. Зуев Б.К., д.х.н. Хамизов Р.Х., д.х.н. Романовская Г.И., д.х.н. Дологоносов А.М., к.х.н. Винокуров С.Е., к.х.н. Мусина Н.С., к.х.н. Бородков А.С., к.х.н. Савонина Е.Ю., к.х.н. Ермолин М.С., к.х.н. Моходоева О.Б., к.х.н. Фотеева Л.С., к.х.н. Захарченко Е.А., к.х.н. Ягов В.В., к.х.н. Роговая И.В., н.с. Данилова Т.В., н.с. Романова Ю.Н., н.с. Магомедов Р.Н., аспирант Припахайло А.В., аспирант Рудик И.С. и другие сотрудники ГЕОХИ РАН.

Председатель: член-корр., д.х.н. Колотов В.П.

Слушали: доклад Трофимова Д.А. по теме диссертационной работы 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.

Краткое содержание доклада:

В диссертации поставлены следующие цели и задачи:

- разработка усовершенствованных видов трековых мембран с помощью химического, механического и «геометрического» модифицирования и их использование при фракционировании компонентов природных вод.
- получение новых типов трековых мембран методом плазменного нанесения защитного слоя с последующим травлением и образованием пор конической формы;
- получение новых типов трековых мембран методом нанесения гидрофильного полимера из раствора или его низкотемпературной плазменной прививки на поверхность;
- получение новых типов трековых мембран методом прививки температурно-чувствительных полимеров для достижения возможности направленного регулирования размеров пор;
- увеличение прочностных характеристик мембран путем армирования;
- развитие методов фракционирования макромолекул и частиц природных вод с использованием полученных модифицированных мембран.

Для решения поставленных задач в разработаны усовершенствованные плазменные реакторы для обработки мембран и предложены новые методы плазмохимического модифицирования мембран; разработан новый способ получения геометрически модифицированных мембран с коническими порами и большей производительностью.

Достигнуто повышение производительности и селективности геометрически и химически модифицированных мембран, улучшены прочностные характеристики трековых мембран путем добавления армирующей сетки.

Проведены комплексные исследования свойств поверхности модифицированных трековых мембран и доказано наличие полимеров-модификаторов на внешней поверхности мембран и на поверхности пор. Разработан способ нанесения N-изопропилакриламида непосредственно на поверхность мембран с использованием технологии низкотемпературной плазмы.

Впервые получены химически модифицированные мембраны с применением температурно-чувствительных полимеров, которые позволяют варьировать фильтрационные свойства при изменении температуры. Показано, что такие мембраны обладают улучшенными свойствами (высокая производительность, селективность, минимум адсорбционных потерь определяемых компонентов).

Впервые предложено использование армированных трековых мембран для фракционирования макромолекул и твердых частиц природных вод, и проведен анализ выделенных компонентов в комбинации с последующим определением методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

Предложены способы модификации ТМ, позволяющие изменить и улучшить свойства их поверхности с целью расширения областей применения в анализе различных объектов. Мембраны с измененными свойствами поверхности использованы для анализа образцов вод из различных источников. Проведено размерное фракционирование макромолекул и твердых частиц природных вод для их последующего анализа методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Разработанная система позволяет производить отбор фракций как после проведения разделения, так и непосредственно в режиме реального времени.

После доклада Трофимова Д.А. были заданы следующие вопросы:

*Долгоносов А.М. (ГЕОХИ РАН)*

Как меняются характеристики мембраны в процессе работы? Меняется ли селективность?

Использовались ли мембраны на промышленных образцах или только на питьевой и речной воде?

*Хамизов Р.Х. (ГЕОХИ РАН)*

При выполнении работ по геометрической модификации менялась ли селективность мембран?

1. В чем отличие химической модификации от геометрической?

2. За счет чего происходит образование химической связи на поверхности?

Какие функциональные группы образуются?

*Колотов В.П.*

1. Какой из методов модификации наиболее эффективен при решении поставленной задачи?

2. Каким образом достигается увеличения плотности пор на единицу поверхности?

3. Насколько изменилась эффективность разделения при проведении сравнения модифицированных мембран с коммерческими,?

*Мясоедов Б.Ф.*

1. Не могли бы Вы более четко сформулировать, над преодолением каких недостатков ТМ вы работали?

2. Что дает использование в Вашей системе разработанных модифицированных мембран, какие преимущества?

*Колотов В.П.*

Возможно ли добиться большего увеличения производительности, комбинируя методы модификации?

*Марютина Т.А.*

Каковы граничные условия применения Ваших мембран?

При обсуждении работы выступили:

д.т.н. Зуев Б.К. (ГЕОХИ РАН) (рецензент, рецензия прилагается)

Рецензент отметил, что диссертация Трофимова Д.А. посвящена новым вариантам модификации и получения мембран с улучшенными свойствами. Важным этапом работы является разработка методики и применения ТМ для анализа сложных реальных объектов на примере анализа природных вод Верхневолжского региона (г. Дубна) и рек Иртыша и Оби.

Кратко сформулирован вклад диссертанта в развитие методов разделения, которые используются в аналитической химии: в работе предложены подходы и создано оборудование для получения мембран с новыми свойствами поверхности, позволяющий осуществлять фракционный анализ по размеру частиц в сложных природных водах.

Разработанные автором новые трековые мембраны имеют малый внутренний объем, регулярную структуры пор и малую адсорбционную способность и позволяют получить результаты фракционирования, превосходящие промышленно выпускаемые мембраны, что имеет несомненную практическую ценность.

К работе имеется ряд замечаний, изложенных в отзыве.

Рассматриваемая работа, безусловно, вызывает интерес. Материалы диссертации достаточно полно изложены в опубликованных работах автора. Сделанные замечания не носят принципиального характера и не снижают её ценности, работа может быть представлена к защите на диссертационном совете Д.002.109.01.

д.х.н. Булычев Н.А. (ФИАН РАН, рецензент, рецензия прилагается, рецензия была зачитана на семинаре)

Рецензент отметил, что автором работы предложены различные способы плазменной модификации поверхности трековых мембран полимерами с целью улучшения их физико-химических характеристик и фильтрационных свойств и создано оборудование для проведения этих процессов. Показана практическая

ценность полученных в работе модифицированных мембран. Предложен оригинальный метод непрерывной фильтрации, применение которого возможно как непосредственно на месте отбора проб, так и в лабораторных условиях. Получены результаты по распределению элементов по размерным фракциям.

Впервые для трековых высокопористых мембран эффективно применен способ модификации путем ламинирования неткаными полимерами, позволяющий значительно улучшить их механические свойства.

Имеющиеся к работе замечания изложены в отзыве.

Оценивая представленный материал в целом, рецензент констатирует, что указанные замечания не носят принципиального характера, не затрагивают существа основных положений, выносимых на защиту, и могут быть учтены при доработке текста диссертации, после которой диссертация может быть представлена к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.02 – аналитическая химия.

д.х.н. Шкинев В.М. (ГЕОХИ РАН, руководитель работы) – отметил вклад диссертанта в развитие направления мембранного фракционирования с использованием ТМ. Соискатель обладает всеми характеристиками и профессиональными умениями соответствующими званию кандидат наук.

д.х.н. Хамизов Р.Х. (ГЕОХИ РАН) – высказал мнение о безусловном интересе к выполненной работе, рекомендовал улучшить представление результатов, обратить внимание на неудачное название рисунков на части слайдов.

д.х.н. Дологоносков А.М. (ГЕОХИ РАН) – отметил актуальность выбранного направления, предложил обратить внимание на малое представление результатов по долгосрочной работе мембран и отсутствие объективного критерия улучшения качества работы мембран.

Член-корр., д.х.н. Колотов В.П. (ГЕОХИ РАН) – высказал мнение, что работа является актуальной и интересной. В ней показаны новые возможности использования ТМ для аналитического применения. В работе необходимо усилить акцент в выводах на степень улучшения эффективности полученных мембран после модификации, обратить внимание на численные показатели. Предложено рекомендовать данную работу к защите с учетом доработки на основании состоявшегося обсуждения.

Академик РАН Мясоедов Б.Ф. – отметил, что работа бесспорно интересна, она отвечает тематике диссертационного совета. Рекомендовал обратить внимание на высказанные замечания. После учета замечаний диссертацию можно представлять к защите на ученом совете.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Заключение: диссертационная работа Трофимова Д.А. «Модифицированные и армированные трековые мембраны: разработка и применение при анализе вод» может быть представлена к защите на диссертационном совете Д 002.109.01 в ГЕОХИ РАН.

### Постановили:

1. Диссертационная работа Трофимова Д.А. «Модифицированные и армированные трековые мембраны: разработка и применение при анализе вод» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.02 – аналитическая химия выполнена с соблюдением требований, предъявляемых к кандидатским диссертациям. В данной работе содержится решение научной проблемы развития и совершенствования методов фракционирования макромолекул и частиц природных вод с использованием модифицированных мембран, имеющей важное значение для аналитической химии. Содержание работы соответствует специальности 02.00.02 – аналитическая химия.

Актуальность темы: Мембранные методы находят широкое применение для фракционирования компонентов различных образцов, в том числе природных вод, поскольку позволяют получить информацию о распределении элементов между молекулами и частицами различного размера.

Среди многообразия выпускаемых мембран особое место занимают трековые мембраны. Основным недостатком трековых мембран является их достаточно низкая производительность, которая в свою очередь может быть повышена за счет их химической и геометрической модификации или после интенсивного облучения, способствующего образованию большого числа пор на единицу площади. При этом стоит отметить, что зачастую получение высокопористых мембран приводит к ухудшению их прочности. Для улучшения механических свойств мембран целесообразно использовать их армирование.

Кроме этого, основным недостатком существующего мембранного оборудования, применяемого для фракционирования больших объемов анализируемых проб вод, является чувствительность мембран к засорению, что приводит к уменьшению производительности оборудования и искажению результатов анализа за счет образования так называемых «намывных мембран». В этом случае целесообразно использование ячеек с «тангенциальным потоком жидкости».

Таким образом, для развития методов фракционирования весьма актуальна задача синтеза, изучения и применения мембран с улучшенными свойствами (мало адсорбирующих разделяемые компоненты, обладающих высокой производительностью и селективностью).

Научная новизна: Разработаны усовершенствованные плазменные реакторы для обработки мембран и предложены новые методы плазмохимического модифицирования мембран. Разработан новый способ получения геометрически модифицированных мембран с коническими порами и большей производительностью.

Достигнуто повышение производительности и селективности геометрически и химически модифицированных мембран, улучшены прочностные характеристики трековых мембран путем добавления армирующей сетки.

Проведены комплексные исследования свойств поверхности модифицированных трековых мембран и доказано наличие полимеров-модификаторов на внешней поверхности мембран и на поверхности пор.

Разработан способ нанесения N-изопропилакриламида непосредственно на поверхность мембран с использованием технологии низкотемпературной плазмы.

Впервые получены химически модифицированные мембраны с применением температурно-чувствительных полимеров, которые позволяют варьировать фильтрационные свойства при изменении температуры.

Впервые предложено использование армированных трековых мембран для фракционирования макромолекул и твердых частиц природных вод, и проведен анализ выделенных компонентов в комбинации с последующим определением методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

Практическая значимость работы: Предложены способы модификации ТМ, позволяющие изменить и улучшить свойства их поверхности с целью расширения областей применения в анализе различных объектов.

С использованием разработанных мембран предложен оригинальный метод непрерывной фильтрации, применение которого возможно как непосредственно на месте отбора проб, так и в лабораторных условиях.

Разработанные нами трековые мембраны имеют малый внутренний объем, регулярную структуры пор и малую адсорбционную способность и позволяют получить результаты фракционирования, превосходящие промышленно выпускаемые мембраны.

Достоверность полученных результатов подтверждается результатами экспериментов, а также сравнение результатов с данными литературы.

Личный вклад автора. Автор лично занимался модификацией мембран, анализом свойств поверхности, участвовал в работах по получению и анализу физико-химических характеристик материалов, в работах по фракционированию водных образцов, в планировании и проведении экспериментов, в обсуждении результатов исследований, в написании статей.

#### Вклад соавторов печатных работ

член-корр., д.х.н., профессор Спиваков Б.Я. (ГЕОХИ РАН) – постановка проблемы и общее руководство, обсуждение результатов исследований;

д.х.н. Шкинев В.М. (ГЕОХИ РАН) – постановка проблемы и научное руководство, обсуждение результатов исследований;

д.х.н., профессор Апель П.Ю. (ЛЯР ОИЯИ) – получение исходных ТМ;

д.х.н., профессор Мchedlishvili Б.В. (ИК РАН) – общее руководство работ по физико-химическим исследованиям ТМ;

к.т.н. Березкин В.В. (ИК РАН) – помощь в проведении физико-химических исследований ТМ, обсуждение результатов исследований;

профессор Шуе Ф. (УМ II, Франция) – общее руководство работ по плазменной модификации, получение спектров РФЭС;

профессор Масс А. (УМ II, Франция) – руководство работ по плазменной модификации, постановка проблемы, обсуждение результатов;

н.с. Данилова Т.В. (ГЕОХИ РАН) – помощь в проведении работ по фракционированию вод;

к.х.н. Роговая И.В. (ГЕОХИ РАН) – помощь в проведении работ по исследованию вод реки Волга, Ивановского водохранилища и питьевой г.Дубна;

д.т.н. Степанец О.В. (ГЕОХИ РАН) – помощь в проведении работ по исследованию вод рек Обь и Иртыш;

к.х.н. Карандашев В.К. (ИПТМ РАН) – определение содержаний микрокомпонентов с использованием метода ИСП-МС.

Полученные экспериментальные результаты и выводы в полном объеме опубликованы в 7 статьях, из них 5 статей входят в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК (WoS, Scopus), и 14 тезисах докладов конференций. Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным в пп. 9-11, 13-14 "Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г. в ред. Постановления № 335 от 21 апреля 2016 г.)

2. Рекомендовать диссертационную работу Трофимова Д.А. «Модифицированные и армированные трековые мембраны: разработка и применение при анализе вод» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.02 – аналитическая химия к защите на диссертационном совете Д 002.109.01 в ГЕОХИ РАН.

3. Рекомендовать в качестве оппонентов:

д.х.н. Булычева Николай Алексеевича – в.н.с., отдел люминесценции им. С.И. Вавилова, Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН (ФИАН РАН)

к.х.н. Филичкину Веру Александровну – заведующую кафедрой сертификации и аналитического контроля НИТУ, Московский институт стали и сплавов (МИСиС).

4. Рекомендовать в качестве ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН).

Результаты голосования: «за» - 35 чел., «против» - нет, «воздержалось» - нет, протокол № 3 от 29.06.2018 г.

Председатель семинара,

член-корр. РАН, д.х.н.

  
Владимир Пантелеймонович Колотов

Секретарь семинара,

к.х.н.

  
Елена Александровна Захарченко



## РЕЦЕНЗИЯ

на диссертацию ТРОФИМОВА Дениса Александровича «Модифицированные и армированные трековые мембраны: разработка и применение при анализе вод», представляемую по специальности 02.00.02 - аналитическая химия на соискание ученой степени кандидата химических наук

Диссертация ТРОФИМОВА Дениса Александровича посвящена разработке новых мембранных методов разделения и концентрирования веществ.

Развитие новых мембранных методов разделения и концентрирования веществ и частиц требует создания нового типа высокопроизводительных и мало адсорбирующих мембран, в частности, на основе трековых фильтров. Решению этой актуальной задачи посвящена данная диссертация.

Автором предложены подходы и создано оборудование для плазменной обработки поверхности трековых пленок и ее модификации различными полимерами с целью улучшения их физико-химических характеристик и фильтрационных свойств. Наиболее интересным является подход, который заключается в прививке на поверхности мембран полимеров, конформационные размеры которых зависят от температуры. Прививка проводилась с использованием низкотемпературной плазмы. Автором показано, что изменение температуры приводит к существенному изменению производительности мембран по воде.

Улучшение механических свойств путем ламинирования трековых высокопористых мембран неткаными полимерами оказалось наиболее полезным. Хотя данный подход используется для других задач довольно часто, но в случае трековых мембран был применен впервые.

Показана практическая ценность полученных в работе модифицированных мембран при анализе реальных образцов речной и питьевой воды. С использованием разработанных мембран предложен оригинальный метод непрерывной фильтрации, применение которого возможно как непосредственно на месте отбора проб, так и в лабораторных условиях. Разработанная система позволяет производить отбор фракций как после проведения разделения, так и непосредственно в режиме реального времени. Получены результаты по распределению элементов по размерным фракциям.

Полученные результаты являются **новыми, достоверность подтверждена** результатами экспериментов, которые приведены в тексте диссертации и проведено сравнение с литературными данными.

Диссертация, представленная на рецензию, состоит из введения, пяти глав и

заключения. Предложенная работа хорошо оформлена. Материал изложен грамотно и в соответствии с профессиональной терминологией. Результаты работы достаточно полно отражены в ряде публикаций в рецензируемых журналах, в том числе .... , рекомендуемых ВАК. Автореферат диссертации в основном своем содержании соответствует тексту диссертации.

Работа не свободна от недостатков:

1. Автором подробно не описаны методики выбора оптимальных условий плазменной обработки трековых пленок, а именно, влияние напряжения, силы тока, расстояния между электродами и другие параметры.
2. Сравнение различных конструкций реакторов объясняется только характером ввода образца, но при этом не очень ясно, нужно ли менять условия модификации.

Отмеченные выше замечания не носят принципиального характера, не затрагивают существа основных положений, выносимых на защиту, и могут быть учтены при доработке текста диссертации.

Рецензируемая работа «Модифицированные и армированные трековые мембраны: разработка и применение при анализе вод» отвечает требованиям ВАК и соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор – **Д.А. Трофимов** заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата химических наук по специальности 02.00.02 – «аналитическая химия».

Ведущий научный сотрудник Физического института им. П.Н. Лебедева РАН,

Доктор химических наук

Н.А. Булычев

Подпись Булычева Н.А. заверяю:

Ученый секретарь Физического института им. П.Н. Лебедева РАН,

Кандидат физико-математических наук

А.В. Колобов



Сведения о рецензенте:

Булычев Николай Алексеевич

1. Ученая степень: доктор химических наук
2. Место работы: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук.
3. Должность: ведущий научный сотрудник.
4. Адрес: 119991 ГСП-1, Москва, Ленинский проспект, д. 53
5. Телефон: +7 (499) 132-62-47
6. e-mail: [nbulychev@mail.ru](mailto:nbulychev@mail.ru)

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ОТЗЫВ

на диссертацию ТРОФИМОВА Дениса Александровича

**«Модифицированные и армированные трековые мембраны: разработка и применение при анализе вод», представляемой по специальности 02.00.02 - аналитическая химия на соискание ученой степени кандидата химических наук**

Мембранные методы, позволяющие получать информацию о распределении элементов между молекулами и частицами различного размера, широко используются для оценки токсичности и биологической активности элементов в водных растворах. Применение для этих целей новых типов материалов на основе трековых мембран обеспечивает возможность не только эффективного фракционирования, но и получения более достоверного результата при распределении по фракциям.

Поэтому представленная диссертационная работа, посвященная разработке новых типов трековых мембран путем модификации в низкотемпературной плазме является **весьма актуальной**.

**Объем представленного материала.** Работа ТРОФИМОВА Дениса Александровича изложена на 144 страницах, состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы из 123 источников. В работе приведены схемы экспериментальных установок рисунки поясняющую технологию получения трековых мембран (ТМ), микрофотографии поверхности, полученных трековых мембран, таблицы и графики характеризующие возможности созданных ТМ. Важным этапом работы является разработка методики и применения ТМ для анализа сложных реальных объектов, на примере анализа природных вод Верхневолжского региона (г. Дубна) и рек Иртыша и Оби.

Кратко сформулировать вклад диссертанта в развитие методов разделения, которые используются в аналитической химии можно следующим образом. В работе предложены подходы и создано оборудование для получения мембран с новыми свойствами поверхности, позволяющий осуществлять фракционный анализ по размеру частиц в сложных природных водах. Создано методика получения нового типа мембран с конусообразными порами. Для получения

конусообразных пор автором предложен метод геометрической модификации пор трековых мембран. Полученные с использованием этого метода мембраны характеризуются высокой производительностью, с сохранением селективности по размерам.

Автор показал, что прививка на поверхность полимеров, конформационные размеры которых зависят от температуры, обеспечивает существенное повышение производительности мембран по воде при изменении температуры.

Впервые для улучшения механических свойств высокопористых трековых мембран автором был использован способ армирования мембран нетканым полимером. Это позволило увеличить прочностные характеристики мембран без существенного изменения остальных эксплуатационных параметров.

Разработанные автором новые трековые мембраны имеют малый внутренний объем, регулярную структуру пор и малую адсорбционную способность и позволяют получить результаты фракционирования, превосходящие промышленно выпускаемые мембраны, что имеет несомненную практическую ценность.

Рассматриваемая работа, безусловно, вызывает интерес и как следствие вопросы, на которые рецензент не нашел ответов при чтении работы. Замечания также имеются.

1. Для получения высокопроизводительных мембран в качестве полимера модификатора был выбран N-изопропилакриламид, который представляет собой гидрофильный полимер. Равномерная ли модификация по поверхности мембраны. Как это проверялось
2. Имеет ли значение при образовании канала микропоры под каким углом ось канала проходит относительно плоскости поверхности мембраны. Если угол отличается от 90 градусов, то сказывается ли это на процесс мембранной фильтрации.
3. Сколько циклов фильтрации выдерживают созданные мембраны.
4. Следует привести формулу по которой вычислялось селективность в данной работе.
5. Выводы должны содержать конкретные данные, характеризующие созданные мембраны.
6. В работе содержится опечатки. Так при описании размера мембран не

правильно указан порядок.

Автореферат диссертации в основном своем содержании соответствует тексту диссертации. Материалы диссертации достаточно полно изложены в опубликованных работах автора (всего - 7, в журналах ВАК - 5).

Рецензируемая работа «Модифицированные и армированные трековые мембраны: разработка и применение при анализе вод» отвечает требованиям ВАК и соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор – **Д.А. Трофимов** заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата химических наук по специальности «02.00.02 – аналитическая химия».

Заведующий лабораторией, г.н.с.,  
химических сенсоров и определения  
газообразующих примесей  
Профессор, доктор технических наук

Зуев Борис Константинович

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского, Российской академии наук (ГЕОХИ РАН).

119991 Москва, Косыгина, д. 19

+7 (499) 137-31-86

e-mail: [zubor127@yandex.ru](mailto:zubor127@yandex.ru)

