



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Университет «Дубна»

Диссертация «Получение и функционализация гибридных мембран на основе трековых мембран и нановолоконного слоя из хитозана, полученного по технологии электроформования» выполнена на кафедре химии, новых технологий и материалов.

В период подготовки диссертации аспирант Виноградов Илья Игоревич работал в Объединённом институте ядерных исследований Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н. Флёрва, Центра прикладной физики, Научно-экспериментальном отделе прикладных исследований на пучках тяжелых ионов, Секторе №3 физико-химических структурных и метрологических исследований облученных полимерных материалов, в должности инженера-технолога.

В 2018 г. окончил Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Университет «Дубна» по направлению магистратуры 03.04.02 «Физика», направленность образовательной программы «Физика наноструктур и наноматериалов», форма обучения - очная.

Удостоверение (справка) о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2023 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Университет «Дубна».

Научный руководитель – Нечаев Александр Николаевич, кандидат химических наук, заместитель начальника Центра прикладной физики лаборатории ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований, доцент кафедры химии, новых технологий и материалов государственного университета «Дубна».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертационная работа Виноградова И.И. «Получение и функционализация гибридных мембран на основе трековых мембран и нановолоконного слоя из хитозана, полученного по технологии электроформования» посвящена созданию гибридных трековых мембран, сочетающих в себе функции и эксплуатационные свойства двух различных типов мембран/фильтров с различными функциональными свойствами. Сочетание трековой мембраны и нановолоконного слоя, полученного методом электроформования, представляется эффективным способом получения новых гибридных материалов, который расширит область применения трековых мембран из полиэфиров и позволит эффективно диверсифицировать (использовать) имеющиеся в РФ ускорители тяжёлых ионов. Это является актуальной задачей в фундаментальном, практическом и экономическом аспектах. Работа состоит из введения, шести глав и заключения. Цель работы заключалась: в разработке способов модифицирования трековых мембран методом электроформования на примере разработки/создания мембранно-сорбционного материала; в создании прототипа гибридной мембраны на основе полиэтилентерефталатной микрофильтрационной трековой мембраны с нановолоконным слоем из хитозана, полученного по технологии электроформования; в определении перспективных областей применения получаемых гибридных мембран.



Диссертантом созданы способы и методики модифицирования трековых мембран, проведена экспериментальная работа по получению и исследованию нановолоконного слоя из хитозана, созданы гибридные мембраны, функционализирован нановолоконный слой из хитозана с последующим исследованием образцов, обработаны и обобщены полученные результаты и литературные данные, сформулированы положения и выводы, выносимые на защиту.

Основные результаты исследований были представлены на конференциях:

- Всероссийской научно-практической конференции «*Природа. Общество. Человек*» секция естественные и инженерные науки, подсекция «*Химия и новые материалы*» (Дубна, 2020);
- Всероссийской конференции с международным участием «*Физическая и аналитическая химия природных и техногенных систем*» на базе Государственного университета «Дубна» (Дубна, 2021);
- XXVII международной научной конференции «*НАУКА РОССИИ: ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ*» (Екатеринбург, 2021);
- Международном конгрессе: «*Биотехнология: состояние и перспективы развития*» (Москва, 2021);
- «Всероссийские конкурсы научно-исследовательских работ среди граждан Российской Федерации в интересах Вооруженных Сил Российской Федерации» (Москва, 2021);
- МЕМБРАНЫ-2022 XV Юбилейная всероссийская научная конференция (с международным участием) (Тула, 2022);
- X Российская конференция с международным участием «*Радиохимия-2022*».

По теме диссертации опубликовано 12 работ, из них 8 статей в журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий (РИНЦ, Scopus, Web of Science), 4 тезиса в сборниках докладов научных конференций. Публикации достаточно полно отражают основные результаты выполненных исследований и основных разделов диссертации. Как и автореферат, они полностью соответствуют теме диссертационного исследования.

Достоверность полученных результатов обеспечена использованием комплекса современных инструментальных методов физико-химического анализа, высокой воспроизводимостью и статистической оценкой погрешности экспериментальных данных соответствием теоретических и экспериментальных данных.

Научная новизна работы

1. Разработана гибридная мембрана на основе металлизированной титаном трековой мембраны с нановолоконным слоем из хитозана, полученного по технологии электроформования. Методом растровой электронной микроскопии установлена зависимость влияния диаметра пор трековой мембраны на диаметр получаемых нановолокон из хитозана.

2. Установлено, что заряд поверхности и изоэлектрическую точку трековой мембраны можно изменять за счет различных рецептур нановолокон и различных типов сшивки нановолоконного слоя.

3. Установлено, что: термическая сшивка приводит к уменьшению диаметра волокна относительно свежесформованных нановолокон из хитозана за счет испарения остатков растворителя; сшивка глутаровым альдегидом увеличивает диаметр волокна относительно свежесформованных нановолокон из хитозана за счет диффузии в волокно сшивающего агента.

4. Определена структура тонкой пленки титана на поверхности трековой мембраны, полученной методом магнетронного распыления.

5. Создан мембранно-сорбционный материал, обладающий микрофильтрационными свойствами очистки воды от продуктов радиационного распада, находящихся в ионной форме и адсорбированных на неорганических частицах, коллоидах и биообъектах.

Диссертационная работа является актуальным научным исследованием, практически полезным и логически законченным, на данном этапе, но с перспективами продолжения и развития. Результаты диссертационной работы могут стать основой для разработки новых и совершенствования существующих технологий по созданию гибридных мембран на основе полиэтилентерефталатных трековых мембран с нановолокнами из полимеров, включая биodeградируемые. На их основе могут быть получены: новые гибридные мембранно-сорбционных материалы для низконапорных устройств очистки воды от продуктов радиационного распада; гибридных раневых покрытий с применением в комбустиологии и регенеративной медицине; стерилизующих мембран с возможностью полного удаления бактерий, дрожжей и плесневых организмов из обрабатываемой жидкости.

Способ получения гибридных мембран включает в себя масштабируемые процессы - производство трековых мембран и модифицирование их поверхности нановолоконным слоем из хитозана.

Практическая реализация результатов исследовательской работы может быть осуществлена на основе рулонного производства трековых мембран.

Содержание, построение и стиль изложения рукописи, свидетельствуют о готовности автора к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

Диссертация Виноградова И.И. «Получение и функционализация гибридных мембран на основе трековых мембран и нановолоконного слоя из хитозана, полученного по технологии электроформования» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по научным специальностям 1.4.4 «Физическая химия» или 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий (химические науки), так как тематика диссертации находится на стыке научных специальностей отрасли химических наук.

Настоящее заключение подготовлено кафедрой химии, новых технологий и материалов на основании решения аттестационной комиссии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Университет «Дубна» по научной специальности 1.4.4 «Физическая химия».

Присутствовало на заседании аттестационной комиссии 6 чел. Результаты голосования: «за» – 6 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 9 от «23» марта 2023 г.

Моржухина Светлана Владимировна, кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой химии, новых технологий и материалов государственного университета «Дубна»



---



«Утверждаю»

Директор ИОНХ РАН,

чл.-корр. РАН

В.К. Иванов

«12» апреля 2023 г.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук

Диссертация Виноградова Ильи Игоревича «Получение и функционализация гибридных мембран на основе трековых мембран и нановолоконного слоя из хитозана, полученного по технологии электроформования» выполнена на кафедре химии, новых технологий и материалов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Университет «Дубна». Научный руководитель – кандидат химических наук, доцент кафедры химии, новых технологий и материалов государственного университета «Дубна», заместитель начальника НХП ЦПФ ЛЯР ОИЯИ Нечаев Александр Николаевич.

В период подготовки диссертации (2018-2023 гг.) Виноградов И.И. обучался в аспирантуре на кафедре химии, новых технологий и материалов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Университет «Дубна» и работал в Объединённом институте ядерных исследований Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н. Флёрва, Центра прикладной физики, в Научно-экспериментальном отделе прикладных исследований на пучках тяжелых ионов, секторе №3 физико-химических структурных и метрологических исследований облученных полимерных материалов, в должности инженера-технолога с 2018 г. по настоящее время.

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

### **Оценка выполненной соискателем работы**

Диссертационная работа Виноградова И.И. удовлетворяет предъявляемым критериям новизны и практической значимости. Интерпретация результатов, полученных автором и сформулированные им выводы, не противоречат друг другу. Исследования выполнены на высоком научно-техническом уровне.

Соискатель грамотно комбинирует методы кондуктометрического и физико-химического анализа, а также других экспериментальных исследований. Части диссертации логически связаны между собой и составляют единое целое. Выводы научно обоснованы, четко

сформулированы и адекватно отражают итоги работы. Все намеченные соискателем цели достигнуты, а поставленные задачи решены.

#### **Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации**

Диссертантом созданы способы и методики модифицирования трековых мембран, проведена экспериментальная работа по получению и исследованию нановолоконного слоя из хитозана, созданы образцы гибридных мембран с функционализированным нановолоконным слоем хитозана на поверхности трековых мембран с последующим исследованием параметров образцов, обработаны и обобщены полученные результаты и литературные данные, сформулированы положения и выводы, выносимые на защиту.

#### **Степень достоверности и апробация результатов**

Достоверность полученных результатов обеспечена использованием комплекса современных инструментальных методов физико-химического анализа, высокой воспроизводимостью и статистической оценкой погрешности экспериментальных данных соответствием теоретических и экспериментальных данных.

Основные результаты исследований были представлены на: Всероссийской научно-практической конференции «Природа. Общество. Человек» секция естественные и инженерные науки, подсекция «Химия и новые материалы» (Дубна, 2020); Всероссийской конференции с международным участием «Физическая и аналитическая химия природных и техногенных систем» на базе Государственного университета «Дубна» (Дубна, 2021); XXVII международной научной конференции «НАУКА РОССИИ: ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ» (Екатеринбург, 2021); Международный конгресс: «Биотехнология: состояние и перспективы развития» (Москва, 2021); «Всероссийские конкурсы научно-исследовательских работ среди граждан Российской Федерации в интересах Вооруженных Сил Российской Федерации» (Москва, 2021); МЕМБРАНЫ-2022 XV Юбилейная всероссийская научная конференция (с международным участием) (Тула, 2022); X Российская конференция с международным участием «Радиохимия-2022».

#### **Научная новизна результатов проведенных исследований**

1. Разработана гибридная мембрана на основе металлизированной титаном трековой мембраны с нановолоконным слоем из хитозана, полученного по технологии электроформования. Методом растровой электронной микроскопии установлена зависимость влияния диаметра пор трековой мембраны на диаметр получаемых нановолокон из хитозана.

2. Установлено, что заряд поверхности и изоэлектрическую точку трековой мембраны можно изменять за счет различных рецептов нановолокон и различных типов сшивки нановолоконного слоя.

3. Установлено, что: термическая сшивка приводит к уменьшению диаметра волокна относительно свежесформованных нановолокон из хитозана за счет испарения остатков растворителя; сшивка глутаровым альдегидом увеличивает диаметр волокна относительно свежесформованных нановолокон из хитозана за счет диффузии в волокно сшивающего агента.

4. Определена структура тонкой пленки титана на поверхности трековой мембраны, полученной методом магнетронного распыления.

5. Создан мембранно-сорбционный материал, обладающий микрофильтрационными свойствами очистки воды от продуктов радиационного распада, находящихся в ионной форме и адсорбированных на неорганических частицах, коллоидах и биообъектах.

### **Практическая значимость результатов проведенных исследований**

Результаты диссертационной работы являются основой для разработки и оптимизации существующих технологий по созданию гибридных мембранных материалов на основе полиэтилентерефталатных (ПЭТФ) трековых мембран с нановолокнами из полимеров, включая биodeградируемые. В свою очередь, гибридные мембраны могут стать основой для получения: новых мембранно-сорбционных материалов в низконапорных устройствах индивидуальной очистки воды от продуктов радиационного распада; гибридных раневых покрытий с дальнейшим применением в комбустиологии и регенеративной медицине; стерилизующих мембран с возможностью полного удаления бактерий, дрожжей и плесневых организмов из обрабатываемой жидкости.

Способ получения гибридных мембран включает в себя масштабируемые процессы, а именно: производство трековых мембран и модифицирование их поверхности нановолоконным слоем из хитозана. Практическая реализация результатов диссертационной работы может быть осуществлена в рамках рулонной технологии изготовления трековых мембран.

### **Ценность научных работ соискателя**

В диссертационной работе соискателем продемонстрирован грамотный и плодотворный подход, позволяющий на основе фундаментальных знаний и современных высокотехнологичных инструментальных методах измерений важных физико-химических и механических параметров сложных наноразмерных систем создать новые функционализированные мембраны, которые могут быть произведены в промышленных масштабах, и в свою очередь, стать основой для дальнейшего развития перспективных нанотехнологий.

### **Специальность, которой соответствует диссертация**

Диссертационная работа Виноградова Ильи Игоревича соответствует специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий в части: создание новых процессов и аппаратов в химической технологии, позволяющих получать изделия заданного состава и



формы на основе различных материалов, а также методы изучения, совершенствования и создания ресурсо- и энергосберегающих процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности, обеспечивающие минимизацию отходов, газовых выбросов и сточных вод, в том числе разработка химико-технологических процессов переработки отходов.

**Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.**

Содержание диссертационной работы достаточно полно и адекватно изложено как в автореферате, так и в представленных публикациях с участием соискателя.

**Публикации в ведущих периодических научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауке РФ:**

1. Perea O., Rossouw A., **I.I. Vinogradov I.I.** [et al.] Chitosan/PEO nanofibers electrospun on metallized track-etched membranes: fabrication and characterization // *Materials Today Chemistry*. – 2021. – V.20. – P. 13.

2. Арно Россоу, **Виноградов И. И.**, Серпионов Г. В. [и др.] Композитная трековая мембрана, получаемая методом магнетронного напыления нанослоя титана // *Мембраны и Мембранные технологии*. — 2022. — Т.12. — № 3. — С. 1-13.

3. Arnoux Rossouw, Boris Gorberg, **Iliya Vinogradov** [et al.] Ti and TiO<sub>2</sub> magnetron sputtering in roll-to-roll fabrication of hybrid membranes // *Surfaces and Interfaces* – 2022. – V.31. – P.11.

4. **Виноградов И. И.**, Серпионов Г. В. Петрик Л, Нечаев А.Н. Композитная мембрана на основе трековой мембраны и нанокаркаса хитозана // *Мембраны и Мембранные технологии* — 2021. — Т.11. — № 6. — С. 447-459.

5. **Виноградова И. И.**, Еремин П. С., Поддубиков А. В. [и др.] Биопластичный материал на основе ионно-трековых раневых покрытий и нанокаркаса хитозана // *Биотехнология* — 2021. — Т.37. — № 5. — С. 55-60.

6. Серпионов Г.В., Кошлань Н.А., **Виноградов И.И.** [и др.] Возможность применения ионно-трековых матриц на основе полиэфиров для создания искусственной соединительной ткани // *Биотехнология* — 2021. — Т.37. — № 5. — С. 66-71.

7. Markov P. A., **Vinogradov I. I.**, Elena Kostromina [et al.] A wound dressing based on a track-etched membrane modified by a biopolymer nanoframe: physical, chemical, and biological characteristics // *Eur. Polym. J.*– 2022. – V. 181. – P. 111709.

8. Dmitry Temnov, Arnoux Rossouw, **Iliya Vinogradov** [et al.] / Thermo-activation spectroscopy of track-etched membranes based on polyethylene terephthalate films irradiated by swift Xe ions // *Radiation Physics and Chemistry*. – 2022. V. 191. – P. 109868.

**Публикации по результатам Российских и международных конференций:**

1. **Виноградов И.И.**, Нечаев А.Н., Арно Россоу Композитные мембраны на основе трековой мембраны и нано-каркасов хитозана // Наука России: Цели и задачи. Сборник научных трудов по материалам XXVII международной научно-практической конференции. – 2021. – Т.1. – С. 106-109.
2. **Виноградов И.И.**, Нечаев А.Н., Еремин П.С., Гильмутдинова И.Р. Биоактивный биопластичный материал на основе ионно-трековых раневых покрытий и нано-каркаса хитозана // Материалы международного конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы развития» – 2021. – С. 22.
3. **Виноградов И.И.**, Андреев Е.В., Юшин Н.С. Гибридная трековая мембрана с возможностью селективной сорбции ионов цезия – 137 // МЕМБРАНЫ-2022. XV Юбилейная всероссийская научная конференция (с международным участием): тезисы докладов. – 2021. – С. 137-139.
4. Густова М.В., **Виноградов И.И.**, Густова Н.С., Нечаев А.Н. Изучение сорбции цезия модифицированной трековой мембраной // X Российская конференция с международным участием «Радиохимия-2022»: сборник тезисов. – 2022. – С.86.

В результате проведенных исследований в диссертационной работе Виноградова Ильи Игоревича решена важная научно-практическая задача по созданию функционализированных мембран на основе трековых мембран с тонким слоем из нановолокон хитозана на рабочей поверхности. Полученные образцы гибридных мембран являются основой для получения новых мембранно-сорбционных материалов для низконапорных устройств индивидуальной очистки воды от продуктов радиационного распада; гибридных раневых покрытий с дальнейшим применением в комбустиологии и регенеративной медицине; стерилизующих мембран с возможностью полного удаления бактерий, дрожжей и плесневых организмов из обрабатываемой жидкости.

Таким образом, диссертация И.И. Виноградова полностью соответствует критериям п.п. 9–14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в актуальной редакции) и п.п. 2.1–2.5 «Положения о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук (ИОНХ РАН)», утвержденного приказом директора ИОНХ РАН от 11 мая 2022 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Диссертационная работа Виноградова Ильи Игоревича «Получение и функционализация гибридных мембран на основе трековых мембран и нановолоконного слоя из хитозана, полученного по технологии электроформования» рекомендуется к защите на соискание ученой



степени кандидата химических наук по специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий.

Заключение принято на заседании Секции «Химическая технология» Ученого совета ИОНХ РАН от 12 апреля 2023 года. Всего присутствовало на заседании членов секции – 20 человек, из них докторов наук – 9, кандидатов наук – 11.

Результаты голосования: «за» – 20 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел.  
Протокол № 94 от 12 апреля 2023 г.

Председательствующий на заседании,  
Заместитель председателя секции  
«Химическая технология»  
Ученого совета ИОНХ РАН, чл.-корр. РАН



А.А. Вошкин

Секретарь секции «Химическая технология»  
Ученого совета ИОНХ РАН, к.х.н.



Ю.А. Заходяева