

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.101.10,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ,  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 12.12.2019 г. № 12

О присуждении Бутыльскому Дмитрию Юрьевичу, гражданину РФ,  
ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Исследование морфологии поверхности ионообменных мембран и ее влияния на электрохимические характеристики» по специальности 02.00.05 – электрохимия принята к защите 08.10.2019 г., протокол № 8, диссертационным советом Д 212.101.10, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный университет» Министерства науки и высшего образования РФ, 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, приказ Министерства науки и высшего образования РФ о создании диссертационного совета № 352/нк от 19.06.2014 г.

Соискатель Бутыльский Дмитрий Юрьевич, 1992 года рождения, в 2014 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный университет» по направлению подготовки бакалавриата 200500 Метрология, стандартизация и сертификация; в 2016 году окончил магистратуру по направлению подготовки 04.04.01 Химия в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кубанский государственный университет»; с 2016 по настоящее время обучается в аспирантуре (очная форма) по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки (профиль 02.00.05 Электрохимия)

при кафедре физической химии ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет».

На момент защиты работает преподавателем на кафедре физической химии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный университет» Министерства науки и высшего образования РФ.

Диссертация выполнена на кафедре физической химии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный университет» Министерства науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель – доктор химических наук, профессор Никоненко Виктор Васильевич, профессор кафедры физической химии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный университет».

Официальные оппоненты:

**Кардаш Марина Михайловна**, доктор технических наук, профессор, Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», профессор;

**Елисеева Татьяна Викторовна**, кандидат химических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет», доцент дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химической физики Российской академии наук, г. Черноголовка, Московская обл., в своем положительном отзыве, подписанном доктором химических наук, профессором, руководителем ЦК НТИ Добровольским Юрием Анатольевичем и доктором химических наук, главным научным сотрудником ЦК НТИ Золотухиной Екатериной Викторовной, указала, что диссертационная работа

удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 Положения «О присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Бутыльский Дмитрий Юрьевич заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.05 – электрохимия.

Соискателем опубликованы 13 работ по теме диссертации, из них 4 статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК и индексируемых Scopus и Web of Science, и 9 тезисов докладов на российских и зарубежных научных конференциях. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Butylskii D.Y.**, Mareev S.A., Nikonenko V.V., Pismenskaya N.D., Larchet C., Dammak L., Grande D., Apel P.Y. In situ investigation of electrical inhomogeneity of ion exchange membrane surface using scanning electrochemical microscopy // *Petroleum Chemistry*. – 2016. – V. 56. – №. 11. – P. 1006-1013.

2. **Butylskii D.Y.**, Mareev S.A., Pismenskaya N.D., Apel P.Y., Polezhaeva O.A., Nikonenko V.V. Phenomenon of two transition times in chronopotentiometry of electrically inhomogeneous ion exchange membranes // *Electrochimica Acta*. – 2018. – V. 273. – P. 289-299.

3. Mareev S.A., **Butylskii D.Y.**, Pismenskaya N.D., Larchet C., Dammak L., Nikonenko V.V. Geometric heterogeneity of homogeneous ion-exchange Neosepta membranes // *Journal of Membrane Science*. – 2018. – V. 563. – P. 768-776.

4. Nebavskaya K.A., **Butylskii D.Y.**, Moroz I.A., Nebavsky A.V., Pismenskaya N.D., Nikonenko V.V. Enhancement of mass transfer through a homogeneous anion-exchange membrane in limiting and overlimiting current regimes by screening part of its surface with nonconductive strips // *Petroleum Chemistry*. – 2018. – V. 58. – №. 9. – P. 780-789.

На автореферат диссертации поступили 7 отзывов. Все отзывы положительные, в них отмечена актуальность темы, научная новизна и практическая значимость работы, однако имеются некоторые замечания.

В отзыве доктора химических наук, заместителя начальника (по научной работе) Центра прикладной физики Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н. Флерова, Объединенный институт ядерных исследований, **П.Ю. Апеля** имеется вопрос: В качестве пожелания для будущего исследования можно предложить установить связь между геометрическими параметрами конусообразных пор в трековых мембранах и характером распределения потенциала вблизи поверхности таких мембран. Насколько сильно влияет асимметричность пор и концентраций омывающего раствора на величину мембранного потенциала?

В отзыве доктора химических наук, заведующего лабораторией полимерных мембран федерального государственного учреждения науки института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН **А.В. Волкова** и кандидата химических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории полимерных мембран федерального государственного учреждения науки института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН **Э.Г. Новицкого** замечаний нет.

В отзыве доктора химических наук, главного научного сотрудника лаборатории процессов в химических источниках тока федерального государственного учреждения науки института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН **Ю.М. Вольфовича** имеются 2 замечания: 1. В литературном обзоре следовало бы упомянуть установленный в ряде работ, например, в [Gottesfeld S., Zawodzinski T.A. //In: Advances in electrochemical science and engineering, Toronto: Wiley. 1997. V.5. P. 195.] факт изменения контактного угла смачивания водой поверхности ионообменных мембран типа Нафлон в зависимости от внешних условий. Причем, при некоторых условиях поверхность может быть гидрофобной (при гидрофильности внутреннего объема), когда сульфогруппы обращаются во внутрь мембраны. 2. Поскольку в работе на основании измерений косвенными методами оцениваются размеры пор у наружной поверхности мембран, то не лишним было бы применение прямых методов измерения распределения этих пор по размерам.

В отзыве доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой механики и инженерной графики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Тамбовский государственный технический университет **С.И. Лазарева** имеются 2 замечания: 1. На основе анализа автореферата в 4 главе представлены результаты изучения электрической неоднородности поверхности гетерогенных ионообменных мембран (ИОМ) классическими методами визуализации (оптическая микроскопия и сканирующая электронная микроскопия), но не указаны приборы, на которых проводились данные исследования; 2. На стр. 16, рис. 11 представлено изображение поверхности мембраны AMX-sb и осадка на ней в виде  $\text{CaSO}_4$ . Каким образом определялось, что это  $\text{CaSO}_4$ ?

В отзыве доктора химических наук, заведующего кафедрой неорганической химии, профессора федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Воронежский государственный университет инженерных технологий **С.И. Нифталиева** имеется замечание, связанное с разработанным способом визуализации неоднородностей: Во второй главе автор описывает влияние электрической неоднородности на явление двух переходных временен, предполагаемый механизм которого связан с развитием электроконвективного перемешивания, однако, визуализацию морфологии поверхности автор проводит при допредельных токовых режимах, когда электроконвекция не развивается. Представляет интерес более детальное исследование влияния электроконвекции на результат визуализации распределения скачка потенциала.

В отзыве доктора химических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории ионики функциональных материалов, федерального государственного бюджетного учреждения науки ИОНХ им. Н.С. Курнакова РАН, профессора РАН **И.В. Стениной** имеется 2 замечания: 1. В автореферате не отражено, как автор различал одновременно проявляющуюся электрическую и геометрическую неоднородности на

поверхности ионообменных мембран; 2. Стоило бы привести сравнение параметров геометрической неоднородности, определенных методом сканирующей электрохимической микроскопии с результатами других методов, кроме оптической микроскопии.

В отзыве доктора химических наук, профессора кафедры аналитической химии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Воронежский государственный университет **В.А. Шапошника** имеется одно замечание: В автореферате нет сведений о скоростях подачи растворов в секции, что позволяет сделать вывод об отсутствии вынужденной конвекции, которая применяется в практическом электродиализе. Действительно ли исследование было ограничено периодическим процессом?

Ведущая организация удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, а также широко известна своими достижениями в области электрохимии, имеет ученых, являющихся безусловными специалистами по теме защищаемой диссертации. Выбор официальных оппонентов обосновывается международным и всероссийским признанием их вклада в развитие электрохимии, что подтверждается большим числом публикаций в ведущих научных изданиях и высокими индексами цитирования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: **выявлены** закономерности влияния электрической и геометрической неоднородностей на поверхности ионообменных мембран на их электрохимические характеристики; **установлено**, что наличие электрической неоднородности поверхности мембран является причиной появления двух переходных времен на хронопотенциограммах мембран и уширения спектров импеданса Варбурга в относительно высокочастотной области спектра в растворе бинарного электролита; **предложен** способ визуализации морфологии поверхности ИОМ методом сканирующей электрохимической микроскопии, где сканирование поверхности мембраны происходит *in situ* в процессе

электродиализа; **доказано** экспериментально, что оптимальное значение доли непроводящей поверхности, выполненной в виде полос, близко к 10 %, а волнистость поверхности коммерческих гомогенных мембран обусловлена наличием армирующей сетки и вносит существенный вклад в интенсификацию массопереноса.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: **доказано** что искривление линий тока в обедненном растворе у поверхности ионообменной мембраны, обусловленное электрической неоднородностью ее поверхности, является причиной появления двух переходных времен на хронопотенциограммах, а также уширения спектра импеданса Варбурга гетерогенных мембран в растворе бинарного электролита; **предложена** гипотеза, интерпретирующая возникновение первого и второго переходных времен; **выявлена** корреляция между параметрами электрической и геометрической неоднородностей ИОМ и распределением скачка потенциала у их поверхности.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждаются тем, что: **разработан** способ визуализации морфологии поверхности ИОМ в микрометровом масштабе в процессе электродиализа, позволяющий определить параметры электрической и геометрической неоднородностей ИОМ; **разработан** способ визуализации процесса осадкообразования на поверхности ИОМ; **установлено**, что формирование волнистости на поверхности ИОМ интенсифицирует массоперенос, а также снижает энергозатраты в электродиализе по сравнению с коммерческими ИОМ; **выявлено**, что экранирование части поверхности ИОМ (около 10 %) также приводит к интенсификации массопереноса.

Оценка достоверности результатов исследования выявила следующее: **показана** повторяемость экспериментальных результатов, полученных методами сканирующей электрохимической микроскопии, вольтамперометрии, хронопотенциометрии и импедансной спектроскопии; результаты получены на современном оборудовании; **интерпретация** полученных результатов согласуется с современными теоретическими

