

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  
ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 22.10.2020 г. № 9

О присуждении Фалиной Ирине Владимировне, гражданке РФ, ученой степени доктора химических наук.

Диссертация «Система характеристики ионообменных материалов с использованием модельных подходов» по специальности 02.00.05 – электрохимия принята к защите 10.07.2020 г., протокол № 3, 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 Минобрнауки России о создании диссертационного совета № 352/нк от 19.06.2014 г.

Соискатель Фалина Ирина Владимировна, 1983 года рождения. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.05 – электрохимия на тему «Электропроводящие и диффузионные свойства перфторированных сульфокатионитовых мембран в процессе их модифицирования полианилином» защитила в 2012 году в диссертационном совете, созданном на базе Кубанского государственного университета. В настоящее время работает доцентом кафедры 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 консультант – доктор химических наук, профессор Кононенко Наталья Анатольевна, профессор кафедры физической химии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный университет».

Официальные оппоненты:

**Ярославцев Андрей Борисович**, член-корреспондент РАН, доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией ионики функциональных материалов федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук, г. Москва;

**Васильева Вера Ивановна**, доктор химических наук, доцент, профессор кафедры аналитической химии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет», г. Воронеж;

**Золотухина Екатерина Викторовна**, доктор химических наук, главный научный сотрудник Центра компетенций НТИ федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем химической физики Российской академии наук, г. Черноголовка;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук, г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном главным научным сотрудником лаборатории процессов в химических источниках тока Вольфовичем Ю.М., указала, что работа соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства Российской

Федерации от 24 сентября 2013 г № 842 как научно-квалифицированная работа, в которой решена научная проблема, имеющая важное значение для электрохимии, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени доктора химических наук по специальности 02.00.05 – электрохимия.

Соискатель имеет по теме диссертации 23 статьи в профильных рецензируемых научных журналах, 5 патентов РФ и 2 свидетельства о государственной регистрации результатов интеллектуальной деятельности, 1 учебное пособие с грифом УМО, а также тезисы и материалы международных и всероссийских конференций. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Демина О.А., Фалина И.В., Кононенко Н.А., Заболоцкий В.И. Исследование необменной сорбции электролитов различной природы гетерогенной сульфокатионитовой мембраной // Коллоидный журнал. 2020. Т. 82, №2. С. 148–154.

2. Фалина И.В., Демина О.А., Кононенко Н.А., Мясинченко И.А. Модельное описание диффузионной проницаемости бислойных ионообменных мембран // Коллоидный журнал. 2020. Т. 82, № 2. С. 244–251.

3. Falina I.V., Zabolotsky V.I., Demina O.A., Sheldeshov N.V. Capillary model of free solvent electroosmotic transfer in ion-exchange membranes: verification and application // Journal of Membrane Science. 2019. Vol. 573. P. 520–527.

4. Петров Н.Н., Фалина И.В., Коваль Т.В., Горохов Р.В., Шельдешов Н.В., Буков Н.Н. Эффекты электрической перколяции в композиционных материалах эпоксидная смола/ионообменная смола/полианилин для противокоррозионной защиты // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2017. Т. 53, № 4. С. 440–448.

5. Фалина И. В., Демина О. А., Заболоцкий В.И. Верификация капиллярной модели электроосмотического переноса свободного растворителя в ионообменных мембранах различной природы // Коллоидный журнал. 2017. Т. 79, № 6. С. 792–801.

6. Falina I.V., Demina O.A., Kononenko N.A., Annikova L.A. Influence of inert components on the formation of conducting channels in ion-exchange membranes // *Journal of Solid State Electrochemistry*. 2017. Vol. 21. P. 767–775.

7. Демина О. А., Фалина И. В., Кононенко Н. А., Демин А. В. Влияние природы противоионов на транспортные и структурные параметры сульфокатионитовых мембран // *Журнал физической химии*. 2016. Т. 90, № 8. С. 1234–1239.

8. Демина О. А., Фалина И.В., Кононенко Н. А. Теоретическая оценка электропроводности ионообменных мембран с учетом пространственной ориентации проводящих фаз // *Электрохимия*. 2016. Т. 52, № 4. С. 347–355.

9. Демина О. А., Кононенко Н. А., Фалина И. В. Новый подход к характеристике ионообменных мембран с помощью набора модельных параметров // *Мембраны и мембранные технологии*. 2014. Т. 4, № 2. С. 83–94.

10. Falina I.V., Berezina N.P., Sytcheva A.A.-R., Pisarenko E.V. Effects of mixed conductivity of nanocomposite membranes MF-4SC/PAni // *Journal of Solid State Electrochemistry*. 2012. Vol. 16, №5. P. 1983–1991.

На диссертацию и автореферат поступили 8 отзывов. Все отзывы положительные, в них отмечена актуальность темы, научная новизна и практическая значимость работы, однако имеются некоторые замечания и вопросы.

В отзыве доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» **Лазарева С.И.** имеется 3 замечания: 1. В автореферате исследованы 17 мембран различных структурных типов, не ясно по каким признакам автор в качестве объекта исследования выбирал мембраны, может быть по структурным, кинетическим и технологическим одновременно? 2. Если в исследованиях учитывается структура, то не ясно почему автор не применил современные физические методы для исследования структурных характеристик, такие как рентгенодифрактометрия, колебательной

спектрометрии и термогравиметрии? 3. Электродиализные процессы работают в широком температурном режиме, из автореферата не ясно, учитывался ли температурный фактор в проведенных автором исследованиях.

В отзыве доктора химических наук, профессора ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева» **Антипова А.Е.** имеется вопрос: Значительное внимание в работе уделено важной задаче электрохимии - развитию подходов к определению истинных чисел переноса в ионообменных мембранах. Для сопоставления предлагаемого метода расчета в рамках расширенной трехпроводной модели использовались литературные результаты, полученными двумя независимыми методами: на основании определения электродиффузионных коэффициентов из экспериментальных данных исследования транспортных свойств мембран и из потенциометрических чисел переноса. Однако данные о числах переноса ионов в мембранах, определяемых традиционным методом Гитторфа (электроаналитическим методом), в работе отсутствуют. Было бы интересно включить такие данные в обсуждение полученных результатов.

В отзыве кандидата физико-математических наук, доцента, Руководителя проекта «Водородная энергетика» Проектного офиса перспективных исследований и разработок Госкорпорации «Росатом» **Лакеева С.Г.** в качестве замечания отмечено: В числе упомянутых автором электромембранных технологий, не уделяется внимания низкотемпературным топливным элементам с полимерной мембраной и электролизерам воды. Из текста автореферата неясно, можно ли использовать разработанную систему для характеристики протонообменных мембран, применяемых в указанных электрохимических устройствах

В отзыве доктора химических наук, профессора ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина» **Филиппова А.Н.** имеются замечание и вопрос: 1. На стр. 16 сказано, что рассчитанное по уравнению Скачарда число переноса воды для мембраны

МК-40 составляет 7.1 моль  $\text{H}_2\text{O}/\text{F}$ , а оно же, найденное в независимом эксперименте в 0.1 М растворе  $\text{NaCl}$ , равно 6.5 моль  $\text{H}_2\text{O}/\text{F}$ . И на этом основании делается вывод об удовлетворительном совпадении расчетной и экспериментальных величин. Все-таки, следует признать, что делать такой вывод на основании единственной экспериментальной точки вряд ли оправдано. 2. На рис. 15. (стр. 31) показаны концентрационные зависимости чисел переноса воды через мембрану МК-40 в растворах  $\text{LiCl}$ ,  $\text{NaCl}$  и  $\text{KCl}$ . Видно, что в разбавленных и средне концентрированных растворах ( $C < 1.5$  М) наблюдается катастрофическое превышение теоретических значений над экспериментальными. В чем состоит причина такого эффекта?

В отзыве доктора технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Химические технологии» ФГБОУ ВО «Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова» **Липкина М.С.** в качестве замечания отмечено следующее: В автореферате не обсуждаются вопросы поляризационного поведения ионообменных мембран, в то время как данная информация необходима для применения мембран в процессах электродиализа в высокоинтенсивных токовых режимах.

В отзыве доктора технических наук, профессора кафедры «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых производств» Энгельсского технологического института (филиала) ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» **Кардаш М.М.** имеется замечание: Особый интерес для специалистов в области разработки новых мембран представляет описанная в разделе 2 возможность прогнозирования свойств на основе анализа концентрационной зависимости удельной электропроводности по расширенной трехпроводной модели. Однако из текста автореферата не ясно, есть ли какие-либо ограничения метода, связанные с природой ионообменного материала. Например, возможно применение указанного подхода к бифункциональным мембранам, содержащим одновременно катионо- и анионообменные группы.

Отзыв доктора химических наук, заведующего кафедрой неорганической химии и химической технологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных наук» **Нифталиева С.И.** содержит два замечания:

1. Чем обусловлена значительная разность экспериментальных и расчетных величин электроосмотической проницаемости противоионов в области концентраций до 1.5 М (рис. 15)? 2. Непонятно, почему в качестве модификатора ионита при разработке композиционных антикоррозионных покрытий был выбран именно полианилин, а не другие представителя проводящих полимеров, например, полиацетилен, полипиррол?

В отзыве заведующей кафедрой химической технологии нефтегазового комплекса ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» **Жуковой И.Ю.** замечания отсутствуют.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается международным и всероссийским признанием их вклада в развитие электрохимии, большим опытом в исследовании ионообменных мембран, что подтверждается большим числом публикаций в ведущих научных изданиях и высокими индексами цитирования. 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.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработана** система характеристики ионообменных мембран, включающая применение блока моделей и позволяющая на основании ограниченного набора экспериментальных данных с преимущественным использованием результатов кондуктометрических исследований мембран установить их селективные, диффузионные, равновесные и электроосмотические характеристики;

**предложен** подход к определению константы ионообменного равновесия из концентрационных зависимостей удельной электропроводности мембран в индивидуальных и смешанных растворах с двухзарядными и крупными органическими противоионами;

**доказана** возможность оценки электроосмотической проницаемости ионообменных мембран на основе капиллярной модели электроосмотического переноса свободного растворителя;

**обоснован** метод упрощающий характеризацию ионообменных мембран в рамках расширенной трехпроводной модели, основанный на концентрационной зависимости их удельной электропроводности;

**предложен** подход к оценке толщин слоев в бислойных мембранах на основании концентрационных зависимостей диффузионного потока через отдельные слои.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**раскрыты** границы применимости расширенной трехпроводной модели и двухфазной микрогетерогенной модели проводимости для расчета транспортно-структурных параметров мембран;

**изучена** взаимосвязь степени гетерогенности и влагоемкости мембран на долю сквозных мезопор в материале;

**проведена модернизация** и расширены возможности капиллярной модели электроосмотического переноса растворителя применительно к оценке чисел переноса воды и модели бислойной мембраны для определения толщин входящих в нее слоев.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждаются тем, что:

**разработана** методика расчета чисел переноса воды через ионообменные мембраны, которая используется в ООО «Инновационное предприятие «Мембранная технология» при оценке массообменных характеристик электродиализаторов-концентраторов (Приложение А диссертации);



**определены** перспективы практического использования композиционных антикоррозионных покрытий на основе эпоксидной смолы, ионообменной смолы КУ-2 и полианилина; технология получения таких композитов и методика расчета объемной доли проводящей фазы переданы в ООО «Интеллектуальные композиционные решения» (Приложение В диссертации);

**установлена** роль инертного компонента в реорганизации путей переноса тока и изменении селективности гомогенных мембран, что учитывалось специалистами ОАО «Пластполимер» (г. Санкт-Петербург) при изготовлении мембранных материалов (Приложение Б диссертации);

**разработанные** в диссертационной работе модельные подходы к оценке транспортно-структурных характеристик мембран включены в учебное пособие «Мембранная электрохимия», которое используется в учебном процессе факультета химии и высоких технологий ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет» (Приложение Г диссертации).

Оценка достоверности результатов исследования выявила следующее:

**для экспериментальных работ** результаты получены с использованием современных методов анализа, которые дополняют друг друга при характеристике мембранных материалов;

**использованы** мембранные материалы, отличающиеся структурным типом и природой ионогенных групп в электролитах различной природы при верификации модельных подходов;

**установлено** совпадение полученных в работе результатов с данными, представленными в литературных источниках по теме диссертационного исследования.

Личный вклад соискателя состоит в проведении анализа и систематизации литературных источников, модифицировании и подготовке образцов к исследованию, измерении электротранспортных характеристик мембран, обработке и интерпретации экспериментальных результатов. Соискателем выполнено развитие методов расчета диффузионной

проницаемости бислойных ионообменных мембран, константы ионообменного равновесия для систем с двухзарядными катионами, капиллярной модели электроосмотического переноса растворителя. Соискателем выполнена апробация результатов исследования на международных и всероссийских конференциях и симпозиумах. Выполнена верификация расширенной трехпроводной модели, капиллярной модели электроосмотического переноса свободного растворителя, модели бислойной мембраны, перколяционной модели. Подготовка научных публикаций и патентов проведена в соавторстве.

На заседании 22.10.2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Фалиной Ирине Владимировне ученую степень доктора химических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, проголосовали: за 15, против 1, недействительных бюллетеней 0.

Председатель  
диссертационного совета

И.о. ученого секретаря  
диссертационного совета



В.И. Заболоцкий

Т.Г. Цюпко  
22.10.2020