

Заключение диссертационного совета ИОНХ РАН 01.4.015.094

по диссертации на соискание ученой степени доктора наук

Решение диссертационного совета от «6» апреля 2023 г. № 94.10

о присуждении Сафроновой Екатерине Юрьевне, гражданке РФ, ученой степени доктора химических наук.

Диссертация «Материалы на основе модифицированных перфторированных сульфосодержащих мембран с новым комплексом функциональных свойств» по специальности 1.4.15.Химия твердого тела принята к защите диссертационным советом «2» февраля 2023 года, протокол № 94.9.

Соискатель Сафронова Екатерина Юрьевна, 1986 года рождения, в 2009 году с отличием окончила Высший химический колледж РАН при Российском химико-технологическом университете им. Д.И. Менделеева. В 2011 году защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата химических наук по теме «Протонпроводящие гибридные материалы на основе перфторированной сульфокатионитной мембраны МФ-4СК и наночастиц SiO_2 , ZrO_2 и $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ » (специальность 02.00.04 – физическая химия) на диссертационном совете, созданном на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук (ИОНХ РАН). В настоящее время соискатель работает в лаборатории ионики функциональных материалов в должности старшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена в лаборатории ионики функциональных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук.

Научный консультант: академик РАН, д.х.н., заведующий лабораторией ионики функциональных материалов Федерального

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

Официальные оппоненты:

доктор химических наук Бермешев Максим Владимирович, заведующий лабораторией Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Трудового Красного Знамени Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук;

доктор технических наук Воротынцев Илья Владимирович, исполняющий обязанности ректора Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»;

доктор химических наук Заболоцкий Виктор Иванович, профессор кафедры физической химии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный университет»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» (СПбГУ) в своем положительном заключении, подписанном заведующим кафедрой химии твердого тела СПбГУ, старшим научным сотрудником кафедры химии твердого тела СПбГУ и утвержденным проректором по научной работе СПбГУ, указала, что диссертационная работа Сафроновой Екатерины Юрьевны по актуальности решаемых проблем, новизне, объему проведенных исследований, уровню их обсуждения, научной и практической значимости соответствует паспорту специальности 1.4.15 Химия твердого тела, отвечает критериям, указанным в пунктах 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изм. от 21.04.2016, 26.05.2020,

ред. от 11.09.2021) и пунктах 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)» от 11.05.2022, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывался профилем их специализации, близкой к теме диссертации, наличием публикаций в рецензируемых научных изданиях по теме диссертации, а также широкой возможностью дать объективную оценку всех аспектов диссертационной работы.

На автореферат поступило **11** отзывов от следующих организаций:

1) Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН (Медведев Д.А. д.х.н., зав. лабораторией; Тарасова Н.А. д.х.н., вед.н.с.);

2) Кубанский государственный университет (Кононенко Н.А. д.х.н., профессор);

3) Челябинский государственный университет (Бурмистров В.А. д.ф.-м.н., профессор);

4) Волгоградский государственный технический университет (Тужиков О.О. д.т.н., зав. кафедрой; **Кузьмин С.В.** чл.-корр. РАН, д.т.н., первый проректор);

5) Уральский федеральный университет (Анимица И.Е. д.х.н., профессор, с.н.с.);

6) Иркутский национальный исследовательский технический университет (Шаглаева Н.С. д.х.н., профессор);

7) Южно-Российский государственный политехнический университет (Смирнова Н.В. д.х.н., доцент; Куриганова А.Б. к.т.н., доцент);

8) ГК «Росатом» (Лакеев С.Г. к.ф.-м.н., руководитель проекта);

9) Институт химии растворов им. Г.А. Крестова (Морыганов А.П. д.т.н., зав. научно-исследовательским отделом);

10) ФИЦ проблем химической физики и медицинской химии РАН (Ярмоленко О.В. д.х.н., зав. лабораторией).

11) Институт химии твердого тела УрО РАН (Денисова Т.А., д.х.н., г.н.с.)

Все отзывы положительные. В поступивших отзывах отмечена новизна, актуальность, теоретическая и практическая значимость полученных результатов диссертационной работы. Замечания носят частный и дискуссионный характер и не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы и ее соответствие критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание доктора наук.

Соискатель имеет 100 опубликованных работ, в том числе 72 работы по теме диссертации, из них 68 статей, опубликованных в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций, рекомендованных в защите в диссертационных советах ИОНХ РАН, и 4 патента РФ.

Статьи:

1. Ярославцев А.Б., Караванова Ю.А., Сафронова Е.Ю. Ионная проводимость гибридных мембран // Мембраны и мембранные технологии. 2011. Т. 1. № 1. С. 3-10.
2. Сафронова Е.Ю., Ярославцев А.Б. Синтез композиционных мембран МФ-4СК с анизотропным распределением оксида циркония и асимметрия ионного транспорта в них // Мембраны и мембранные технологии. 2011. Т. 1. №1. С. 76-80.
3. Сафронова Е.Ю., Лысова А.А., Новикова С.А., Ярославцев А.Б. О механизме увеличения ионной проводимости в гибридных мембранах // Известия РАН. 2011. № 1. С. 21-28.
4. Сафронова Е.Ю., Стенина И.А., Павлов А.А., Волков В.И., Юрков Г.Ю., Ярославцев А.Б. О механизме ионного переноса в гибридных мембранах МФ-4СК, модифицированных оксидом кремния и фосфорно-вольфрамовой гетерополикислотой // Журнал неорганической химии. 2011. Т. 56. № 2. С. 187-191.
5. Сафронова Е.Ю., Волков В.И., Павлов А.А., Черняк А.В., Волков Е.В., Ярославцев А.Б. Особенности гидратации ионов H^+ , Li^+ , Na^+ , Cs^+ в перфторированных мембранах МФ-4СК, модифицированных неорганическими допантами // Журнал неорганической химии. 2011. Т. 56. № 2. С. 192-198.

6. Safronova E.Yu., Volkov V.I., Yaroslavtsev A.B. Ion mobility and conductivity of hybrid ion-exchange membranes incorporating inorganic nanoparticles // *Solid state ionics*. 2011. V. 128. P. 129-131.
7. Кузнецова Е.В., Сафронова Е.Ю., Иванов В.К., Юрков Г.Ю., Ярославцев А.Б., Кузнецова, Е.В. Синтез и исследование транспортных свойств гибридных материалов на основе перфторированных сульфокатионитовых мембран МФ-4СК, модифицированных оксидом церия // *Мембраны и мембранные технологии*. 2011. Т. 1. № 4. С. 276-281.
8. Yaroslavtsev A.B., Safronova E.Yu., Lysova A.A., Novikova S.A., Stenina I.A., Volkov V.I. Ion conductivity of hybrid ion exchange membranes incorporating nanoparticles // *Desalination water treatment*. 2011. V. 35. № 1-3. P.202-208.
9. Перепелкина А.И., Сафронова Е.Ю., Шалимов А.С., Ярославцев А.Б. Гибридные материалы на основе мембран МФ-4СК, модифицированных карбидом кремния и углеродными нанотрубками // *Мембраны и мембранные технологии*. 2012. Т. 2. № 1. С. 27-32.
10. Bobreshova O.V., Parshina A.V., Polumestnaya K.A., Safronova E.Yu., Yankina K.Yu., Yaroslavtsev A.B. Perfluorinated sulfocation-exchange membranes modified with zirconia for sensors sensible for organic anions in multiionic aqueous solutions // *Mendeleev communications*. 2012. V. 22. P.83-84.
11. Бобрешова О.В., Паршина А.В., Полуместная К.А., Сафронова Е.Ю., Янкина К.Ю., Ярославцев А.Б. Сенсоры на основе перфторированных сульфокислотных мембран, модифицированных оксидом циркония (IV), чувствительные к органическим анионам в мультнионных водных растворах // *Мембраны и мембранные технологии*. 2012. Т. 2. № 2. С. 67-73.
12. Safronova E.Yu., Yaroslavtsev A.B. Nafion-type membranes doped with silica nanoparticles with modified surface // *Solid state ionics*. 2012. V. 221. P.6-10.
13. Gerasimova E.V., Safronova E.Yu., Volodin A.A., Ukshe A.E., Dobrovolsky Yu.A., Yaroslavtsev A.B. Electrocatalytic properties of the nanostructured electrodes and membranes in hydrogen-air fuel cells // *Catalysis today*. 2012. V. 193. P. 81-86.
14. Mikheev A.G., Safronova E.Yu., Yurkov G.Yu., Yaroslavtsev A.B. Hybrid materials based on MF-4SC perfluorinated sulfo cation-exchange membranes and silica with proton acceptor properties // *Mendeleev communications*. 2013. V. 23. P. 66-68.
15. Кузнецова Е.В., Сафронова Е.Ю., Иванов В.К., Юрков Г.Ю., Михеев А.Е., Голубенко Д.В., Ярославцев А.Б. Транспортные свойства гибридных материалов на основе перфторированной ионообменной мембраны МФ-4СК и наноразмерного оксида церия // *Российские нанотехнологии*. 2013. Т. 8. №7-8. С. 31-35.
16. Сафронова Е.Ю., Прихно И.А., Пурсели Ж., Ярославцев А.Б. Асимметрия ионного транспорта в гибридных мембранах МФ-4СК с градиентным распределением гидратированного оксида циркония // *Мембраны и мембранные технологии*. 2013. Т. 3. № 4. С. 308-313.

17. Safronova E.Yu., Yaroslavtsev A.B. Relationship between properties of hybrid ion-exchange membranes and dopant nature // *Solid state ionics*. 2013. V. 251. P. 23-27.
18. Бобрешова О.В., Паршина А.В., Янкина К.Ю., Сафронова Е.Ю., Ярославцев А.Б. Гибридные перфторированные сульфосодержащие мембраны с наночастицами оксида циркония (IV) - электродноактивный материал потенциметрических сенсоров // *Российские нанотехнологии*. 2013. Т. 8. № 11-12. С. 58-64.
19. Филиппов А.Н., Сафронова Е.Ю., Ярославцев А.Б. Теоретическое и экспериментальное исследование взаимной диффузии мембраны МФ-4СК // *Мембраны и мембранные технологии*. 2014. Т. 4. № 2. С. 101-106.
20. Прихно И.А., Сафронова Е.Ю., Ярославцев А.Б., Ву В. Синтез и исследование гибридных материалов на основе мембран Nafion, гидратированного оксида кремния, фосфорно-вольфрамовой гетерополикислоты и ее кислых солей // *Мембраны и мембранные технологии*. 2014. Т. 4. № 2. С. 107-113.
21. Filippov A.N., Safronova E.Yu., Yaroslavtsev A.B. Theoretical and experimental investigation of diffusion permeability of hybrid MF-4SC membranes with silica nanoparticles // *Journal of membrane science*. 2014. V. 471. P. 110-117.
22. Бобрешова О.В., Паршина А.В., Янкина К.Ю., Денисова Т.С., Сафронова Е.Ю., Ярославцев А.Б. Совместное потенциметрическое определение катионов и анионов в мультиионных растворах с использованием ПД-сенсоров на основе мембран МФ-4СК и Nafion, наномодифицированных оксидами циркония и кремния // *Российские нанотехнологии*. 2014. Т. 9. № 9-10. С. 5-10.
23. Safronova E., Golubenko D., Pourcelly G., Yaroslavtsev A. Mechanical properties and influence of straining on ion conductivity of perfluorosulfonic acid Nafion-type membranes depending on water uptake // *Journal of membrane science*. 2015. V. 473. P. 218-225.
24. Safronova E.Yu., Bobreshova O.V., Garcia-Vasques W., Yaroslavtsev A.B. Relationships between water uptake, conductivity and mechanical properties of hybrid MF-4SC membranes doped by silica nanoparticles // *Mendeleev Communications*. 2015. V. 25. № 1. P. 54-55.
25. Бобрешова О.В., Паршина А.В., Сафронова Е.Ю., Титова Т.С., Ярославцев А.Б. Потенциметрическое определение анионов глицина, аланина, лейцина и катионов калия в щелочных растворах с использованием мембран Nafion и МФ-4СК, модифицированных ZrO_2 // *Мембраны и мембранные технологии*. 2015. Т. 5. № 2. С. 125-130.
26. Бобрешова О.В., Паршина А.В., Сафронова Е.Ю., Янкина К.Ю., Ярославцев А.Б. ПД-сенсоры на основе модифицированных ZrO_2 перфторированных мембран для определения новокаина и лидокаина в полиионных растворах // *Журнал аналитической химии*. 2015. Т. 70. № 5. С. 543-549.

27. Safronova E., Prikhno I., Yurkov G., Yaroslavtsev A. Nanocomposite membrane materials based on nafion and cesium acid salt of phosphotungstic heteropolyacid // *Chemical Engineering Transactions*. 2015. V. 43. P. 679-684.
28. Сафронова Е.Ю., Осипов А.К., Баранчиков А.Е., Ярославцев А.Б. Протонная проводимость кислых солей гетерополикислот состава $M_xH_{3-x}PX_{12}O_{40}$, $M_xH_{4-x}SiX_{12}O_{40}$ ($M=Rb, Cs, X=W, Mo$) // *Неорганические материалы*. 2015. Т. 51. № 11. С. 1157-1162.
29. Паршина А.В., Денисова Т.С., Сафронова Е.Ю., Бобрешова О.В., Ярославцев А.Б. Влияние протоноакцепторной способности допантов на характеристики ПД-сенсоров на основе гибридных перфторированных мембран в смешанных водных растворах лидокаина и новокаина // *Российские нанотехнологии*. 2015. Т. 10. № 9-10. С. 62-68.
30. Паршина А.В., Лысова А.А., Рыжкова Е.А., Сафронов Д.В., Сафронова Е.Ю., Бобрешова О.В., Ярославцев А.Б. Характеристики ПД-сенсоров на основе гибридных перфторированных мембран в водных растворах неорганических электролитов и лизина // *Мембраны и мембранные технологии*. 2015. Т. 5. № 4. С. 304-309.
31. Сафронова Е.Ю., Сафронов Д.В., Лысова А.А., Бобрешова О.В., Стенина И.А., Ярославцев А.Б. Синтез и исследование гибридных материалов на основе мембраны Nafion и гидратированного диоксида титана // *Мембраны и мембранные технологии*. 2015. Т. 5. № 4. С. 310-314.
32. Сафронова Е.Ю., Ярославцев А.Б. Перспективы практического использования гибридных мембран // *Мембраны и мембранные технологии*. 2016. Т. 6. № 1. С. 3-16.
33. Паршина А.В., Титова Т.С., Сафронова Е.Ю., Бобрешова О.В., Ярославцев А.Б. Определение глицина, аланина и лейцина при различных рН раствора с помощью ПД-сенсоров на основе гибридных мембран // *Журнал аналитической химии*. 2016. Т. 71. № 3. С. 272-281.
34. Стенина И.А., Сафронова Е.Ю., Левченко А.В., Добровольский Ю.А., Ярославцев А.Б. Низкотемпературные топливные элементы: перспективы применения для систем аккумулирования энергии и материалы для их разработки // *Теплоэнергетика*. 2016. № 6. С. 4-18.
35. Паршина А.В., Сафронова Е.Ю., Титова Т.С., Бобрешова О.В., Прихно И.А., Ярославцев А.Б. ПД-сенсоры на основе мембраны МФ-4СК и оксида кремния с гидрофобной поверхностью для определения катионов фенилаланина, валина и метионина // *Журнал общей химии*. 2016. Т. 86. №6. С. 1035-1044.
36. Prikhno I.A., Safronova E.Yu., Yaroslavtsev A.B. Hybrid materials based on perfluorosulfonic acid membrane and functionalized carbon nanotubes: Synthesis, investigation and transport properties // *International journal of hydrogen energy*. 2016. V. 41. P. 15585-15592.
37. Porozhnyy M., Huguet P., Cretin M., Safronova E., Nikonenko V. Mathematical modeling of transport properties of proton-exchange membranes containing immobilized nanoparticles // *International journal of hydrogen energy*. 2016. V. 41. P. 15605-15614.

38. Осипов А.К., Сафронова Е.Ю., Ярославцев А.Б. Гибридные материалы на основе мембраны Nafion и кислых солей гетерополикислот $M_xH_{3-x}PW_{12}O_{40}$, $M_xH_{4-x}SiW_{12}O_{40}$ ($M=Rb, Cs$) // Журнал неорганической химии. 2016. Т. 6. № 4. С. 359-365.
39. Gerasimova E., Safronova E., Ukshe A., Dobrovolsky Yu., Yaroslavtsev A. Electrocatalytic and transport properties of hybrid Nafion® membranes doped with silica and cesium acid salt of phosphotungstic acid in hydrogen fuel cells // Chemical engineering journal. 2016. V. 305. P. 121-128.
40. Сафронова Е.Ю., Паршина А.В., Рыжкова Е.А., Бобрешова О.В., Ярославцев А.Б. Влияние модификации мембран МФ-4СК кислыми солями гетерополикислот на их свойства в калиевой форме и характеристики ПД-сенсоров на их основе // Журнал неорганической химии. 2016. Т. 61. № 12. С. 1573-1578.
41. Parshina A.V., Safronova E.Yu., Ryzhkova E.A., Chertov S.S., Safronov D.V., Bobreshova O.V., Yaroslavtsev A.B. Effect of the treatment of MF-4SC membranes on the cross sensitivity of Donnan potential sensors to cations in the aqueous solutions of organic ampholytes // Mendeleev communications. 2016. V. 26. P.505-507.
42. Safronova E., Safronov D., Lysova A., Parshina A., Bobreshova O., Pourcelly G., Yaroslavtsev A. Sensitivity of potentiometric sensors based on Nafion®-type membranes and effect of the membranes mechanical, thermal, and hydrothermal treatments on the on their properties // Sensors and actuators B. 2017. V. 240. P. 1016-1023.
43. Сафронова Е.Ю., Стенина И.А., Ярославцев А.Б. О возможности изменения транспортных свойств ионообменных мембран посредством обработки // Мембраны и мембранные технологии. 2017. Т. 7. №2. С. 77-85.
44. Сафронова Е.Ю., Паршина А.В., Янкина К.Ю., Рыжкова Е.А., Лысова А.А., Бобрешова О.В., Ярославцев А.Б. Гибридные материалы на основе мембран МФ-4СК и гидратированных оксидов кремния и циркония с функционализированной поверхностью, содержащей сульфогруппы: транспортные свойства и характеристики ПД-сенсоров в растворах аминокислот при различных рН // Мембраны и мембранные технологии. 2017. Т. 7. № 2. С. 110-116.
45. Осипов А.К., Волков А.О., Сафронова Е.Ю., Ярославцев А.Б. Асимметрия ионного переноса в мембранах Nafion с градиентным распределением кислых солей гетерополикислот // Журнал неорганической химии. 2017. Т. 62. № 6. С. 737-742.
46. Прихно И.А., Сафронова Е.Ю., Ильин А.Б., Ярославцев А.Б. Гибридные мембраны МФ-4СК, допированные углеродными нанотрубками с протоноакцепторными группами на поверхности // Российские нанотехнологии. 2017. Т. 12. № 5-6. С. 236-242.
47. Паршина А.В., Сафронова Е.Ю., Титова Т.С., Сафронов Д.В., Лысова А.А., Бобрешова О.В., Ярославцев А.Б. Потенциметрические перекрестно чувствительные ПД-сенсоры на основе мембран МФ-4СК, подвергшихся обработке при различной влажности для совместного определения катионов

- и анионов в растворах аминокислот при $pH > 7$ // Электрохимия. 2017. Т. 53. № 11. С. 1464-1470.
48. Прихно И.А., Сафронова Е.Ю., Ильин А.Б. Гибридные мембраны на основе порошка Nafion неорганических допантов, полученные путем горячего прессования // Мембраны и мембранные технологии. 2017. Т. 7. №6. С. 408-413.
49. Сафронова Е.Ю., Паршина А.В., Рыжкова Е.А., Сафронов Д.В., Бобрешова О.В., Ярославцев А.Б. ПД-сенсоры для определения аминокислот с несколькими азотсодержащими группами на основе мембран Nafion с оксидом циркония, обработанных в различных условиях // Мембраны и мембранные технологии. 2017. Т. 7. №6. С. 432-440.
50. Паршина А.В., Денисова Т.С., Сафронова Е.Ю., Караванова Ю.А., Сафронов Д.В., Бобрешова О.В., Ярославцев А.Б. Определение серосодержащих анионов в щелочных растворах с помощью массивов ПД-сенсоров на основе гибридных **перфторированных** мембран с допантами с протонодонорными свойствами // Журнал аналитической химии. 2017. Т. 72. № 12. С. 1104-1112.
51. Сафронова Е.Ю., Осипов А.К., Ярославцев А.Б. Перфторированные протонпроводящие сульфосодержащие мембраны с короткой боковой цепью **Aquivion**: транспортные и механические свойства // Мембраны и мембранные технологии. 2018. Т. 8. № 1. С. 34-41.
52. Safronova E., Parshina A., Kolganova T., Bobreshova O., Pourcelly G., Yaroslavtsev A. Potentiometric sensors arrays based on perfluorinated membranes and silica nanoparticles with surface modified by proton-acceptor groups, for the determination of aspartic and glutamic amino acids anions and potassium cations // Journal of electro analytical chemistry. 2018. V. 816. P. 21-29.
53. Паршина А.В., Титова Т.С., Евдокимова Д.Д., Бобрешова О.В., Сафронова Е.Ю., Прихно И.А., Ярославцев А.Б. Гибридные материалы на основе мембран МФ-4СК и углеродных нанотрубок: транспортные свойства и характеристики ПД-сенсоров в растворах гидрофобных аминокислот // Мембраны и мембранные технологии. 2019. Т. 9. №4. С. 256-265.
54. Parshina A., Kolganova T., Safronova E., Osipov A., Lapshina E., Yelnikova A., Bobreshova O., Yaroslavtsev A. Perfluorosulfonic acid membranes thermally treated and modified by dopants with proton-acceptor properties for asparaginate and potassium ions determination in pharmaceuticals // Membranes (Basel). 2019. V. 9. Art. N 142 (16 p).
55. Safronova E.Yu., Pourcelly G., Yaroslavtsev A.B. The transformation and degradation of Nafion® solutions under ultrasonic treatment. The effect on transport and mechanical properties of the resultant membranes // Polymers degradation and stability. 2020. V. 178. Art. N 109229 (9 p).
56. Паршина А.В., Сафронова Е.Ю., Зевельди Х.Е., Рыжих Е.И., Прихно И.А., Бобрешова О.В., Ярославцев А.Б. Потенциметрические сенсоры на основе мембран МФ-4СК и углеродных нанотрубок для определения никотиновой кислоты в водных растворах и фармацевтических препаратах // Мембраны и мембранные технологии. 2020. Т. 10. №4. С. 263-272.

57. Прихно И.А., Сафронова Е.Ю., Стенина И.А., Юрова П.А., Ярославцев А.Б. Зависимость транспортных свойств перфторированных сульфокатионитных мембран от ионообменной емкости // Мембраны и мембранные технологии. 2020. Т. 10. № 4. С. 273-280.
58. Safronova E.Yu., Parshina A., Kolganova T., Yelnikova A., Bobreshova O., Pourcelly G., Yaroslavtsev A. Potentiometric multisensory system based on perfluorosulfonic acid membranes and carbon nanotubes for sulfacetamide determination in pharmaceuticals // Journal of electroanalytical chemistry. 2020. V. 873 Art. N 114435 (9p).
59. Сафронова Е.Ю., Ярославцев А.Б. Влияние ультразвуковой обработки растворов полимера Nafion® на свойства мембран, получаемых методом отливки // Мембраны и мембранные технологии. 2021. Т. 11. № 1. С. 10-17.
60. Porozhnyy M.V., Shkirskaya S.A., Butylskii D.Yu., Dotsenko V.V., Safronova E.Yu., Yaroslavtsev A.B., Deabate S., Huguet P., Nikonenko V.V. Physicochemical and electrochemical characterization of Nafion-type membranes with embedded silica nanoparticles: Effect of functionalization // Electrochimica acta. 2021. V. 370. Art. N 137689 (13 p.)
61. Паршина А.В., Хабтемариам Г.З., Колганова Т.С., Сафронова Е.Ю., Бобрешова О.В. Потенциометрическая мультисенсорная система на основе мембран МФ-4СК и поверхностно модифицированных оксидов для анализа препаратов никотиновой кислоты // Мембраны и мембранные технологии. 2021. Т. 11. № 3. С. 175-184.
62. Safronova E.Yu., Yurova P.A., Ashrafi A.M., Chernyak A.V., Khoroshilov A.V., Yaroslavtsev A.B. The effect of ultrasonication of polymer solutions on the performance of hybrid perfluorinated sulfonic acid membranes with SiO₂ nanoparticles // Reactive and functional polymers. 2021. V. 165. Art. N 104959 (11 p.).
63. Сафронова Е.Ю., Воропаева Д.Ю., Новикова С.А., Ярославцев А.Б. О влиянии растворителя и предварительной ультразвуковой обработки на свойства мембран Nafion®, полученных методом отливки // Мембраны и мембранные технологии. 2022. Т. 12. № 1. С. 47-56.
64. Паршина А.В., Сафронова Е.Ю., Колганова Т.С., Хабтемариам Г.З., Бобрешова О.В. Перфторсульфокатионообменные мембраны с функционализированными углеродными нанотрубками в потенциометрических сенсорах для анализа фармацевтических препаратов никотиновой кислоты // Журнал аналитической химии. 2022. Т. 77. №2. С. 176-184.
65. Safronova E.Yu., Korchagin O.V, Bogdanovskaya V.A., Yaroslavtsev A.B. Effect of ultrasonic treatment of Nafion® solution on the performance of fuel cells // Mendeleev communications. 2022. V. 32. P. 224-275.
66. Паршина А.В., Сафронова Е.Ю., Колганова Т.С., Кулешова В.А., Бобрешова О.В. Мембраны МФ-4СК, модифицированные карбоксилированными углеродными нанотрубками, для потенциометрического определения аланина, валина и фенилаланина в

щелочных растворах // Мембраны и мембранные технологии. 2022. Т. 12. № 4. С. 245-253.

67. Сафронова Е.Ю., Корчагин О.В., Богдановская В.А., Ярославцев А.Б. Химическая стабильность гибридных материалов на основе мембраны Nafion® и гидратированных оксидов // Мембраны и мембранные технологии. 2022. Т. 12. № 6. С. 470-479.

68. Parshina A., Yelnikova A., Safronova E.Yu., Kolganova T., Kuleshova V., Bobreshova O., Yaroslavtsev A. Multisensory systems based on perfluorosulfonic acid membranes modified with functionalized CNTs for determination of sulfamethoxazole and trimethoprim in pharmaceuticals // Membranes (Basel). 2022. V. 12. Art. N1091 (20p).

Патенты

1. Пат. 134655 РФ. Потенциометрический перекрестно чувствительный к катионам и анионам ПД-сенсор на основе перфторированных сульфокатионообменных мембран / Бобрешова О.В., Паршина А.В., Сафронова Е.Ю., Янкина К.Ю., Титова Т.С., Ярославцев А.Б.; заявитель и патентообладатель Воронеж, гос. ун-т. - № 2013112405; заявл. 19.03.13; опубл. 16.04.13, Бюл. № 19. - 2 с.

2. Пат. 160133 РФ. Твердополимерный топливный элемент / Стенина И.А., Левченко А.В., Сафронова Е.Ю., Ильин А.Б., Сангинов Е.А., Добровольский Ю.А., Ярославцев А.Б.; заявитель и патентообладатель ИОНХ РАН - № 2015142871; заявл. 08.10.15; опубл. 10.03.16, Бюл. № 7. - 2 с.

3. Пат. 2615601 РФ. Способ определения удельной электропроводности ионпроводящих материалов / Сафронова Е.Ю., Голубенко Д.В., Осипов А.К., Ярославцев А.Б.; заявитель и патентообладатель ИОНХ РАН - № 2016111150; заявл. 25.03.16; опубл. 05.04.17, Бюл. № 10. - 11 с.

4. Пат. 206250 РФ. Устройство для потенциометрического Определения никотиновой кислоты в фармацевтических препаратах / Паршина А.В., Сафронова Е.Ю., Колганова Т.С., Хабтемариам Г.З., Бобрешова О.В., Ярославцев А.Б.; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. ун-т - № 2021105720; заявл. 04.03.20; опубл. 02.09.21, Бюл. № 25. - 16 с.

Количество цитирований основных публикаций по теме диссертации (и в скобках всего) в международных базах данных Web of Science 593 (1080), Scopus 605 (1076), РИНЦ 890(1463).

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Сформулированы подходы к получению материалов на основе перфторсульфополимеров с заданными свойствами, основанные на

предположении о влиянии модификации на микроструктуру мембран и распределение ионов в их внутривещном пространстве.

2. Получены сведения о влиянии **концентрации** и природы допантов в гибридных материалах на основе перфторсульфополимеров на их влагосодержание и транспортные свойства, и новые методы получения мембран с высокой проводимостью и селективностью.

3. Установлено влияние условий получения и физико-химической обработки перфторсульфополимерных мембран на их влагосодержание и транспортные свойства, а также взаимосвязь между изменением транспортных свойств мембран и системы гидрофильных пор и каналов.

4. Достигнуто увеличение мощности топливного элемента в том числе без дополнительного увлажнения при использовании перфторсульфополимерных мембран после предподготовки и внедрения допантов за счет увеличения протонной проводимости и снижения сопротивления реакции электровосстановления кислорода в режиме работы топливного элемента.

5. Показана возможность направленного увеличения чувствительности к определяемым ионам аминокислот и лекарственных веществ и снижения чувствительности к мешающим ионам путем выбора подхода к модификации перфторсульфополимерных мембран.

Теоретическая и практическая значимость работы определяется тем, что в ходе ее выполнения разработаны научные основы создания материалов на основе полимерных ионообменных мембран с заданными свойствами (влагосодержанием, ионной проводимостью, селективностью и скоростью переноса) за счет модификации коммерчески доступных полимеров на примере перфторсульфополимеров путем варьирования условий получения и обработки материалов, а также внедрения допантов. Выявлена взаимосвязь между изменением внутривещного пространства перфторсульфополимеров мембран при модификации и их свойствами. С помощью модификации достигнуто увеличение ионной проводимости, в том числе при низкой

влажности, наряду со снижением скорости неселективного переноса. Показана возможность изменения свойств перфторсульфополимерных мембраны путем их механической деформации и термической обработки, ультразвукового воздействия на раствор полимера и внедрения допантов. Предложены гибридные материалы на основе перфторсульфополимерных мембран, которые обеспечивают увеличение мощности мембранно-электродных блоков, в том числе при низкой влажности, и увеличение чувствительности потенциметрических сенсоров к определяемым ионам на основе предложенных мембран.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: результаты физико-химических методов исследования получены на современном оборудовании мирового уровня, проходящем необходимые процедуры поверки и сертификации; согласование теоретических выводов с известными закономерностями и механизмами; согласование экспериментальных данных с литературными в тех случаях, когда такое сравнение допустимо.

Личное участие диссертанта заключается в постановке задач, разработке экспериментальных методик, получении материалов и проведении основных экспериментальных работ по изучению их свойств, обработке их результатов, анализе и обобщении материала. Результаты некоторых физических методов исследования получены в аналитических центрах различных организаций, их интерпретация выполнена соискателем лично. В работе представлены результаты, полученные лично соискателем или в соавторстве.

Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 1.4.15. Химия твёрдого тела (отрасль науки – химические), в пунктах: 1. Разработка и создание методов синтеза твердофазных соединений и материалов; 2. Конструирование новых видов и типов твердофазных соединений и материалов; 6. Изучение динамики и диффузии молекул, ионов и атомов в твердофазных соединениях и материалах; 7. Установление закономерностей «состав – структура – свойство» для твердофазных

соединений и материалов; 8. Изучение влияния условий синтеза, химического и фазового состава, а также температуры, давления, облучения и других внешних воздействий на химические и химико-физические микро- и макроскопические свойства твердофазных соединений и материалов.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация Сафроновой Екатерины Юрьевны на соискание ученой степени доктора химических наук является научно-квалификационной работой, в которой решена важная научная проблема современной химии твердого тела, а именно **предложены** композиционные мембранные ионообменные материалы на основе перфторсульфополимеров и нанодисперсных неорганических допантов (гидратированных оксидов, кислых солей гетерополикарбонатов и углеродных нанотрубок), установлена взаимосвязь между составом и микроструктурой композитов и их физико-химическими свойствами и функциональными характеристиками и показана перспективность использования разработанных материалов в практических приложениях, включая водородную энергетику, сенсорику и др.

В диссертации Сафроновой Екатерины Юрьевны соблюдены установленные пп. 9–14 “Положения о порядке присуждения ученых степеней”, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 № 842 (с изменениями от 21 апреля 2016 г. № 335) и пп. 2.1–2.5 “Положения о порядке присуждения ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки “Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской Академии Наук” от 11 мая 2022 г. критерии, которым должна соответствовать диссертация на соискание ученой степени доктора химических наук, а ее автор, Сафронова Екатерина Юрьевна, заслуживает присуждения ей ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.15 – Химия твердого тела (химические науки).

На заседании бапреля 2023 г. диссертационный совет принял решение **присудить** Сафроновой Екатерине Юрьевне ученую степень доктора химических наук по специальности 1.4.15. Химия твердого тела.


При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 9 человек, из них 8 докторов наук, участвовавших в заседании, из 12 человек, входящих в состав совета(дополнительно введены на разовую защиту 0 человек), проголосовали: за 9, против 0, воздержались 0. Протокол счетной комиссии № 94.10а.

Исполняющий обязанности председателя
диссертационного совета, д.х.н.



Маренкин Сергей
Федорович

Ученый секретарь диссертационного совета,
к.х.н.



Рюмин Михаил
Александрович

06.04.2023

