

Заключение диссертационного совета МГУ.014.8
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от «08» ноября 2024 г. № 165

О присуждении Гурьянову Константину Евгеньевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Влияние химического состава оксида графена на микроструктуру и транспортные свойства мембран на его основе» по специальности 1.4.15. Химия твёрдого тела принята к защите диссертационным советом 27 сентября 2024 г, протокол № 161.

Соискатель Гурьянов Константин Евгеньевич, 1996 года рождения, в 2018 году окончил бакалавриат, а в 2020 году магистратуру факультета наук о материалах. В период написания диссертационной работы с 01.10.2020 г. по 30.09.2024 г. Гурьянов Константин Евгеньевич обучался в очной аспирантуре факультета наук о материалах МГУ имени М.В. Ломоносова по направлению «Химические науки», специальность 1.4.15. химия твёрдого тела

В настоящее время соискатель работает ассистентом на факультете наук о материалах МГУ имени М.В. Ломоносова.

Диссертация выполнена на кафедре наноматериалов факультета наук о материалах Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

Научный руководитель – кандидат химических наук, *Елисеев Андрей Анатольевич*, факультет наук о материалах, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, кафедра наноматериалов, доцент.

Официальные оппоненты:

Чумакова Наталья Анатольевна, д.х.н., Федеральный исследовательский центр химической физики имени Н.Н. Семёнова Российской академии наук, отдел динамики химических и биологических процессов, лаборатория кинетики механохимических и свободно-радикальных процессов им. В.В. Воеводского, главный научный сотрудник;

Клямкин Семен Нисонович, д.х.н., доцент, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, кафедра химической технологии и новых материалов, профессор;

Ярославцев Андрей Борисович, д.х.н., профессор, академик РАН, Институт общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова РАН, лаборатория ионики функциональных материалов, заведующий лабораторией, дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обуславливался их высокой квалификацией и опытом научной работы в области химии твёрдого тела, что подтверждается наличием огромного количества публикаций в высокорейтинговых журналах.

Чумакова Наталья Анатольевна является ведущим экспертом в области исследования структуры оксида графена, **Клямкин Семен Нисонович** является ведущим специалистом в области исследования мембранных материалов, **Ярославцев Андрей Борисович** является ведущим экспертом в области исследования и синтеза мембранных материалов.

Большая часть публикаций официальных оппонентов близка по своей направленности к теме рассмотренной диссертации.

Соискатель имеет 16 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 16 работ, из них 6 статей, все 6 статей опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности(ям) и отрасли наук.

1. Tunable Sieving of Ions Using Graphene Oxide: Swelling Peculiarities in Free-Standing and Confined States. *Eliseev A.A., Gurianov K.E., Poyarkov*

- A.A., Komkova M.A., Sadilov I.S., Chumakov A.P., Petukhov D.I. // Nano Letters, 2023, 23 (21), 9719-9725 (JIF = 9.6 (WoS), доля участия = 40%).*
2. Proton transport in electrochemically reduced graphene oxide: Enhancing H^+/H_2O selectivity. *Chernova E.A., Brotsman V.A., **Gurianov K.E.**, Eliseev Ar. A., Valeev R.G., Kolesnik I.V., Chumakov A.P., Petukhov D.I., Eliseev An.A. // Carbon, 2023, 213, 118288 (JIF = 10.5 (WoS), доля участия = 30%).*
 3. Pervaporation desalination with graphene oxide membranes: The influence of cation type and loading. ***Gurianov K.E.**, Eliseev A.A., Brotsman V.A., Poyarkov A.A., Ryzhov I.A., Zotov T.A., Chumakov A.P., Petukhov D.I. // Desalination, 2023, 547, 116238 (JIF = 8.3 (WoS), доля участия = 60%).*
 4. Oxidized Carbon-Based Spacers for Pressure-Resistant Graphene Oxide Membranes. *Chernova E.A., **Gurianov K.E.**, Petukhov D.I., Chumakov A.P., Valeev R.G., Brotsman V.A., Garshev A.V., Eliseev A.A. // Membranes, 2022, 12 (10), 934 (JIF = 3.3 (WoS), доля участия = 40%).*
 5. Comparative study of transport properties of membranes based on graphene oxide prepared by Brodie and improved Hummers' single methods. *Chernova E.A., **Gurianov K.E.**, Brotsman V.A., Valeev R.G., Kapitanova O.O., Berekchiian M.V., Lukashin A.V. // Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics, 2023, 14 (2), 272-278 (SJIR = 0.22 (Scopus), доля участия = 40%).*
 6. Ageing of graphene oxide thin films: the dynamics of gas and water vapors permeability in time. *Chernova E.A., **Gurianov K.E.**, Berekchiian M.V., Brotsman V.A., Valeev R.G., Kapitanova O.O., Kirianova A.V., Lukashin A.V. // Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics, 2022, 13 (4), 468-474 (SJIR = 0.22 (Scopus), доля участия = 40%).*

На диссертацию и автореферат поступило 2 дополнительных отзыва, все положительные.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук является научно-квалификационной работой, в которой получены **следующие результаты**:

1) Определены основные корреляции между размером двумерной щели в мембранах оксида графена и их паропроницаемостью при различных парциальных давлениях паров воды и низших спиртов в ретентате и пермеате. Установлено, что межслоевое расстояние незначительно изменяется по глубине мембраны, что свидетельствует о малом градиенте активности пенетрата в толще мембраны. Предложено, что скорость массопереноса молекул воды через селективный слой оксида графена ограничивается теплопереносом на интерфейсах мембраны.

2) Показано, что интеркаляция катионов приводит к существенному изменению межплоскостного расстояния в оксиде графена. Увеличение межплоскостного расстояния и степени разупорядоченности микроструктуры коррелирует с уменьшением поляризуемости катиона и ионной силы контактирующего раствора. Интеркаляция катионов в структуру оксида графена приводит к существенному уменьшению доступного для транспорта молекул пространства. Это в значительной степени уменьшает производительность пермеационного опреснения воды по сравнению с немодифицированной мембраной.

3) Показано, что интеркаляция мембран оксида графена катионами II группы позволяет увеличить селективность мембран в паре $\text{H}_2\text{O}/\text{N}_2$ до 10^5 без падения производительности по парам воды.

4) Установлено, что инкапсуляция мембран с использованием эпоксидных смол приводит к фиксации межплоскостного расстояния. Показано, что межплоскостное расстояние в инкапсулированных мембранах не зависит ни от парциального давления водяных паров, ни от ионной

силы раствора, что обусловлено химической «сшивкой» нанолистов при помощи полиаминов. Показано, что размер и ориентация полиамина играет ключевую роль в размере нанощели инкапсулированной мембраны.

5) Показано, что интеркаляция углеродных наночастиц в структуру оксида графена приводит к увеличению его устойчивости при повышенных перепадах давления, позволяя сохранить проницаемость при избыточном давлении 1 бар по сравнению с немодифицированной мембраной. Показано, что внедрение углеродных наночастиц в структуру оксида графена способствует увеличению производительности мембран в процессе первапорационного опреснения.

6) Продемонстрирована принципиальная возможность селективного транспорта протонов через мембрану на основе электрохимически восстановленного оксида графена. Установлено, что уменьшение межплоскостного расстояния в оксиде графена позволяет повысить селективность в паре H^+/H_2O до ~ 1400 .

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. **Положения, выносимые на защиту**, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1) Увеличение межплоскостного расстояния в оксиде графена, вызванное изменением парциального давления паров в ретентате и пермеате, приводит к увеличению проницаемости мембраны по воде более, чем в 100 раз.

2) Адсорбция катионов щелочных и щелочноземельных металлов в структуру оксида графена приводит к значительному увеличению межплоскостного расстояния от 1,45 до 2,67 нм, что в 3 раза снижает производительность мембраны в процессе первапорационного опреснения воды;

3) Интеркаляция катионов II группы увеличивает идеальную селективность разделения в паре $\text{H}_2\text{O}/\text{N}_2$ до 10^5 , не снижая проницаемость мембран по парам воды;

4) Внедрение углеродных наночастиц между слоями оксида графена увеличивает устойчивость мембран в процессе осушения газов при повышенных давлениях и на 50% увеличивает производительность процесса опреснения морской воды;

5) «Сшивка» нанолистов молекулами полиаминов позволяет фиксировать межплоскостное расстояние в оксиде графена, что позволяет эффективно разделять катионы, достигая селективности разделения в паре $\text{K}^+/\text{Mg}^{2+}$ до 300.

6) Электрохимическое восстановление оксида графена приводит к 2-ух кратному увеличению соотношения $\text{C}:\text{O}$ – от 1,84 до 3,8, что приводит к уменьшению межплоскостного расстояния от 0,87 до 0,35 нм. В результате идеальная селективность разделения мембраны в паре $\text{H}^+/\text{H}_2\text{O}$ достигает значений ~ 1400 .

На заседании 08.11.2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Гурьянову К.Е. ученую степень кандидата химических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 24 человек, из них 11 докторов наук по специальности 1.4.15 – химия твердого тела, участвовавших в заседании, из 29 человек, входящих в состав совета (дополнительно введены на разовую защиту 0 человек), проголосовали: за 24, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Заместитель председателя
диссертационного совета МГУ.014.8
д.х.н., профессор, член-корр. РАН

Ученый секретарь
диссертационного совета МГУ.014.8, к.х.н.



Шевельков А.В.

Еремина Е.А.