«УТВЕРЖДАЮ»:

Проректор – начальник Управления
научной политики
МГУ имени М.В. Ломоносова,
доктор физ.-мат. наук, профессор,
член-корреспондент РАН

А.А. ФЕДЯНИН

_____

«07» мая 2026 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Диссертация «Управление пористой структурой анодного оксида алюминия для получения функциональных наноструктурированных материалов и устройств на их основе» на соискание ученой степени доктора химических наук по специальностям 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы (химические науки) и 1.4.15 Химия твердого тела (химические науки) выполнена Напольским Кириллом Сергеевичем на кафедрах неорганической химии и электрохимии химического факультета, а также кафедре наноматериалов факультета наук о материалах МГУ имени М.В.Ломоносова.

В период подготовки диссертации (2009–2026 гг.) соискатель, Напольский Кирилл Сергеевич, работал в МГУ имени М.В. Ломоносова на кафедре неорганической химии химического факультета в должности младшего научного сотрудника (2009–2011 гг.), научного сотрудника

(2011–2014 гг.), ведущего научного сотрудника (с 2014 по н.в.), совмещая работу на кафедре электрохимии химического факультета в должности ведущего научного сотрудника (с 2014 по н.в.) и кафедре наноматериалов факультета наук о материалах в должности ассистента (2009–2023 гг.) и доцента (с 2023 по н.в.). В период с 16 марта 2026 года по 30 июня 2026 года ведущий научный сотрудник кафедры неорганической химии Напольский Кирилл Сергеевич закреплён за кафедрой неорганической химии химического факультета МГУ для подготовки диссертационной работы на соискание ученой степени доктора наук по специальностям 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы и 1.4.15 Химия твёрдого тела (приказ № 1500ас от 06.04.2026 г.).

Соискатель Напольский К.С. с отличием окончил факультет наук о материалах МГУ имени М.В. Ломоносова в 2006 г. по специальности «Химия».

В 2009 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата химических наук на тему «Электрохимическое формирование пространственно-упорядоченных металлических наноструктур в пористых матрицах» в диссертационном совете Д 501.002.05 по химическим и физико-математическим наукам при МГУ имени М.В. Ломоносова (решение Высшей аттестационной комисии Министерства образования и науки Российской Федерации о выдаче диплома от 19 июня 2009 г. №25к/99).

Диссертационная работа на соискание ученой степени доктора химических наук выполнена без научного консультанта.

По итогам обсуждения диссертации «Управление пористой структурой анодного оксида алюминия для получения функциональных наноструктурированных материалов и устройств на их основе» принято следующее заключение:

1. Работа представляет собой комплексное, логически законченное научное исследование, выполненное на высоком уровне. Результаты работы вносят существенный вклад в развитие технологии анодирования алюминия

и его сплавов в России, а также в методы получения инновационных материалов на основе пористых плёнок анодного оксида алюминия (АОА).

2. **Актуальность темы исследования и степень её разработанности.** Самоорганизация пор в двумерный гексагональный массив, а также возможность прецизионного контроля их диаметра и получения плёнок АОА с узким распределением пор по размерам вызывают значительный интерес у ученых по всему миру. Именно размер и взаимное расположение пор стали определяющими для функциональных свойств наноструктур и материалов на основе АОА. Пористые плёнки АОА применяют в качестве газовых и жидкостных мембран, темплатов для получения анизотропных наноструктур, фотонных кристаллов, устойчивых при высоких температурах подложек, и во многих других областях нанотехнологии. Рассмотренная работа направлена на выявление фундаментальных особенностей роста пористых плёнок АОА и электрохимического осаждения металлов в поры АОА, а также создание новых наноструктурированных материалов на основе АОА. Тема диссертации актуальна и хорошо разработана.

3. **Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации.** Представленные в диссертационной работе данные получены автором лично либо при его непосредственном участии в коллективах научно-исследовательских команд. Вклад автора в настоящую работу состоит в формулировке цели и постановке задач исследования, выполнении экспериментальной работы по получению и аттестации веществ и материалов, обработке, анализе и обобщении результатов. Многие из инструментальных методов анализа автор применял самостоятельно.

4. **Степень достоверности результатов проведенных соискателем исследований.** Достоверность данных работы подтверждается согласованностью результатов анализа различными методами, найденными корреляциями между условиями получения наноструктур и их структурой/свойствами, а также отсутствием противоречий результатов каким-либо физико-химическим законам. Для аттестации полученных

веществ и материалов использован комплекс дифракционных, микроскопических и спектральных методов, реализованных на современном научно-исследовательском оборудовании, в том числе с применением синхротронных источников рентгеновского излучения. Экспериментальные данные согласуются с модельными расчётами. Результаты работы подвергались многократной независимой положительной экспертизе и опубликованы в ведущих рецензируемых изданиях, индексируемых в Scopus, Web of Science, RSCI, относящихся к журналам БС1 и БС2 в классификации ВАК Минобрнауки РФ. Основные результаты диссертации неоднократно обсуждались на российских и международных конференциях: 15th International Small-Angle Scattering Conference «SAS 2012» (г. Сидней, Австралия, 2012 г.), 16th International Small-Angle Scattering Conference «SAS 2015» (г. Берлин, Германия, 2015 г.), Школа ПИЯФ по физике конденсированного состояния (г. Санкт-Петербург, Россия, 2014, 2015, 2017–2020 гг.), Международный симпозиум «Дифракционные методы в характеризации новых материалов» (Химический факультет МГУ, г. Москва, Россия, 2017 г.), «Anodize it!» (г. Тулуза, Франция, 2017 г.), Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов» (МГУ, г. Москва, Россия, 2017–2020, 2022 гг.), Международная научная школа-семинар «Наноструктурированные оксидные плёнки и покрытия» (г. Петрозаводск, Россия, 2017, 2021, 2025 гг.), International Conference on Metamaterials and Nanophotonics «METANANO 2018» (г. Сочи, Россия, 2018 г.), «METANANO 2019» (г. Санкт-Петербург, Россия, 2019 г.), «METANANO 2021» (Онлайн, Россия, 2021 г.), 5th EuChemS Inorganic Chemistry Conference «EICC-5» (г. Москва, Россия, 2019 г.), Всероссийская школа-конференция молодых ученых «Актуальные проблемы неорганической химии» (Московская область, 2014–2016, 2018–2022, 2025 гг.), VI Всероссийская конференция по наноматериалам с элементами научной школы для молодежи «НАНО 2016» (г. Москва, 2016 г.), Первый Российский кристаллографический конгресс (г. Москва, 2016 г.), Научная

конференция грантодержателей РНФ «Фундаментальные химические исследования XXI-го века» (ИОХ, г. Москва, 2016 г.), Общемосковский семинар по электрохимии (ИНЭОС РАН, г. Москва, 2017 г.), XXVII Российская конференция «Современные методы электронной и зондовой микроскопии в исследованиях органических, неорганических наноструктур и нано-биоматериалов» (г. Черноголовка, 2018 г.), Конференция молодых ученых, аспирантов и студентов ИФХЭ РАН «ФИЗИКОХИМИЯ-2018», «ФИЗИКОХИМИЯ-2019» (ИФХЭ РАН, г. Москва, 2018, 2019 гг.), XI Всероссийская школа-конференция молодых ученых «КоМУ-2018» (г. Ижевск, 2018 г.), XII конференция молодых учёных «КоМУ-2020» (г. Ижевск, 2020 г.), Юбилейные Ломоносовские чтения «ЛОМОНОСОВ 2.0» (г. Москва, 2019 г.), XXI Менделеевский съезд по общей и прикладной химии (г. Санкт-Петербург, 2019 г.), 47-е Фрумкинские чтения (МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, 2023 г.), Всероссийская конференция по электрохимии с международным участием «Электрохимия-2023» (г. Москва, 2023 г.).

5. **Новизна результатов диссертации.** Новизна результатов проведенных соискателем ученой степени исследований заключается в: а) развитии методологии количественного анализа структуры пористых плёнок АОА и нанокомпозитов на их основе с применением малоуглового рассеяния рентгеновского излучения и поляризованных нейтронов, статистического анализа РЭМ-изображений и двулучепреломления видимого света; б) обнаружении корреляции между кинетикой лимитирующей стадии формирования оксида и степенью упорядочения пористой структуры АОА, позволяющей проводить направленный поиск условий анодирования для формирования АОА с высокоупорядоченной структурой; в) создании планарных сенсоров горючих газов на подложках АОА и демонстрации особенностей их работы; г) разработке и внедрении нового метода декорирования изделий из алюминиевых сплавов с помощью анодирования при циклически изменяющихся условиях.

6. **Ценность и практическая значимость.** В результате выполнения работы получены фундаментальные данные о пористых плёнках анодного оксида алюминия и о процессе темплатного электроосаждения металлов в массив протяженных сонаправленных пор. Варьирование состава, морфологии и взаимного расположения металлических наноструктур позволили управлять каталитическими, оптическими, электрическими и магнитными свойствами нанокомпозитов. Полученные сведения позволили разработать несколько новых материалов и устройств: нового класса декоративных покрытий алюминиевых сплавов, сверхтонких поляризаторов света, планарных термокаталитических сенсоров горючих газов, джозефсоновских переходов на основе единичных нанонитей.

7. **Плановый характер работы.** Исследования по теме диссертации выполнены в рамках государственного задания «Развитие неорганической химии как фундаментальной основы создания новых поколений функциональных и конструкционных материалов, включая нано- и биоматериалы» кафедры неорганической химии ХФ МГУ (номер гос. регистрации АААА-А21-121011590082-2). Часть работы выполнена при финансовой поддержке РНФ (гранты № 14-13-00809, № 18-73-10151), РФФИ (гранты № 13-02-91058, № 13-08-12227, № 14-02-31798, № 14-08-00838, № 15-08-09012, № 16-02-00815, № 16-07-00800, № 16-38-00861, № 17-47-500273, № 18-03-01237, № 18-33-01241, № 18-29-11097, № 19-02-00981, № 20-33-90277, № 20-33-90084), Минобрнауки (контракты № 14.513.11.0017, № 16.513.11.3011), ПАО Роснефть.

8. **Оформление диссертации.** Текст диссертации соответствует установленным правилам научного цитирования, библиографические ссылки оформлены корректно.

9. **Научная специальность, которой соответствует диссертация.** Диссертационное исследование по своему содержанию соответствует заявленным специальностям 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы (химические науки) и 1.4.15 Химия твёрдого тела (химические науки).

Диссертационная работа Напольского Кирилла Сергеевича соответствует паспорту научной специальности 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы (химические науки) в пунктах:

П.3.1. Экспериментальные исследования процессов получения и технологии наноматериалов, формирования наноструктур на подложках, синтеза порошков наноразмерных простых и сложных оксидов, солей и других соединений, металлов и сплавов, в том числе редких и платиновых металлов.

П.3.2. Выявление влияния размерного фактора на функциональные свойства и качества наноматериалов.

П.3.4. Моделирование структуры, свойств и процессов получения наноматериалов.

П.3.5. Исследование процессов нанесения покрытий из наноструктурированных материалов на различные наполнители.

П.3.6. Совершенствование существующих и разработка новых методов анализа структуры и свойств наноматериалов.

П.3.7. Исследование структуры, свойств и технологии композиционных наноструктурированных материалов.

П.3.9. Новые технологические процессы с участием наноструктурированных сред и наноматериалов.

Диссертационная работа Напольского Кирилла Сергеевича соответствует паспорту научной специальности 1.4.15 Химия твердого тела (химические науки) в пунктах:

П.1. Разработка и создание методов синтеза твердофазных соединений и материалов.

П.2. Конструирование новых видов и типов твердофазных соединений и материалов.

П.5. Изучение пространственного и электронного строения твердофазных соединений и материалов.

П.7. Установление закономерностей «состав – структура – свойство» для твердофазных соединений и материалов.

П.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.

П.9. Структура и динамика дефектов.

10. **Полнота изложения результатов и ценность научных работ соискателя ученой степени.** Основные идеи и положения работы изложены в 96 научных трудах автора, в том числе 89 статьях (объемом 43 п.л.) в рецензируемых научных изданиях и 7 патентах. За последние 10 лет (с июня 2016 г.) по материалам диссертации опубликовано 4 патента и 65 научных статей (объемом 34 п.л.), из которых 55 издано в научных журналах 1-го уровня белого списка, 37 статей – в международных журналах Q1 (по SCImago), индексируемых поисковыми системами Web of Science и Scopus. В своих научных трудах соискатель Напольский Кирилл Сергеевич выявил корреляции между условиями анодного окисления алюминия, структурой формирующихся пористых плёнок анодного оксида алюминия и их свойствами. Синтезированные плёнки АОА использованы в качестве темплатов для формирования массивов металлических анизотропных наноструктур, а также единичных нанонитей после селективного растворения АОА. Соискатель обосновал влияние условий электроосаждения металлов на микроструктуру и свойства нанонитей и их массивов. Рассмотрел возможность использования наблюдаемых явлений при анодировании и темплатном электроосаждении для создания ряда практически важных наноструктурированных материалов и устройств.

Ценность научных работ соискателя для нанотехнологий заключается в разработке новых подходов к синтезу наноматериалов и существенном расширении классов наноструктурированных материалов, получаемых на основе анодного оксида алюминия. Ценность научных работ соискателя для химии твердого тела обусловлена тем, что в работе создано новое научное направление – направленный синтез анодного оксида алюминия с

высокоупорядоченной пористой структурой и нанокомпозитных материалов на его основе. Проведено комплексное исследование состава, строения и физико-химических свойств наноструктур и материалов на основе АОА, выявлены важные закономерности между условиями получения, структурой и свойствами.

Личный вклад в работах соискателя, подготовленных им в соавторстве с другими исследователями, заключается в совместном проведении экспериментов, синтезе образцов, аттестации образцов различными инструментальными методами анализа. Часть экспериментальной работы выполнена в рамках кандидатских диссертаций Ильи Владимировича Рослякова, Алексея Павловича Леонтьева, Алексея Аднановича Нояна, Степана Владимировича Сотничука, Елены Олеговны Сотничук, выпускных квалификационных работ Алексея Алексеевича Клименко, Анны Сергеевны Гончаровой, а также дипломных работ студентов факультета наук о материалах (Олега Сергеевича Воронина, Натальи Сергеевны Куратовой, Дмитрия Сергеевича Кошкодаева, Марии Романовны Лукацкой) и химического факультета (Алексея Игоревича Садыкова) МГУ, научным руководителем которых являлся автор диссертации. Соискатель принимал активное участие в научных, в том числе в международных кооперациях, многократно выступал на научных конференциях с устными и приглашенными докладами. В опубликованных статьях весомый вклад принадлежит соискателю. Работа проведена в кооперации с сотрудниками физического факультета МГУ, факультета фундаментальной физико-химической инженерии МГУ, НИИЯФ МГУ, ИОНХ РАН, ИК РАН, НИЦ «Курчатовский институт», ИНМЭ РАН, НИТУ «МИСиС», ФГУП «ВНИИА», МГТУ им. Н.Э. Баумана, ФИАН, РКЦ, СПбГУ (г. Санкт-Петербург), ПИЯФ РАН (Ленинградская область, г. Гатчина), ИФТТ РАН (Московская область, г. Черноголовка), ИПХФ РАН (Московская область, г. Черноголовка), ИПТМ РАН (Московская область, г. Черноголовка), МФТИ (Московская область, г. Долгопрудный), КФУ (г. Казань), ИК СО РАН (г. Новосибирск), ИХХТ СО

РАН (г. Красноярск), КарГУ (г. Караганда, Казахстан), БФУ им. И. Канта (г. Калининград), ИРЭ РАН (Московская область, г. Фрязино), ООО «НТЦ ИГД» (Московская область, г. Люберцы), European Synchrotron Radiation Facility (г. Гренобль, Франция), Technical University of Braunschweig (г. Брауншвейг, Германия), Helmholtz-Zentrum Geesthacht (г. Гесхахт, Германия), Ariel University (г. Ариэль, Израиль), Utrecht University (г. Утрехт, Нидерланды), Eindhoven University of Technology (г. Эйндховен, Нидерланды), Delft University of Technology (г. Дельфт, Нидерланды), Deutsches Elektronen-Synchrotron (г. Гамбург, Германия), University of Warsaw (г. Варшава, Польша), National Cheng Kung University (г. Тайнан, Тайвань), University Paris-Sud (г. Париж, Франция), Sorbonne University (г. Париж, Франция).

Таким образом, диссертация «Управление пористой структурой анодного оксида алюминия для получения функциональных наноструктурированных материалов и устройств на их основе» Напольского Кирилла Сергеевича соответствует требованиям, установленным Федеральным законом от 23.08.1996 № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» и Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изм. и доп.), к диссертационным исследованиям по всем вышеуказанным в настоящем заключении пунктам.

Текст диссертации соответствует требованиям законодательства, которыми предусматривается обязательное письменное указание на наличие у упомянутых в тексте лиц специального статуса (иностранного агента, запрещенной или нежелательной в Российской Федерации организации, террориста, экстремиста и т.п.).

Экспертное заключение о возможности открытого опубликования рукописи диссертации в виде научного доклада на соискание ученой степени доктора наук прилагается.

Решение о рекомендации работы к защите. Представленная диссертация в виде научного доклада рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора химических наук по научным специальностям 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы (химические науки) и 1.4.15 Химия твёрдого тела (химические науки) в диссертационном совете 12.0.156.96 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук (ИОНХ РАН).

Заключение принято на совместном заседании кафедры неорганической химии и кафедры электрохимии химического факультета, а также кафедры наноматериалов факультета наук о материалах МГУ имени М.В. Ломоносова. Присутствовало на заседании 54 чел. Результаты голосования: «за» – 54 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол от «20» апреля 2026 г., № 15.

И.о. декана химического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова,
д.х.н., профессор РАН С.С. Карлов

И.о. декана факультета наук о материалах
МГУ имени М.В. Ломоносова,
д.х.н., профессор, чл.-корр. РАН А.В. Лукашин

Председатель заседания
Заведующий кафедрой неорганической химии
химического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова,
д.х.н., профессор, чл.-корр. РАН А.В. Шевельков

Заведующий кафедрой электрохимии
химического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова,
д.х.н., профессор, академик РАН Е.В. Антипов

Заведующий кафедрой наноматериалов
факультета наук о материалах
МГУ имени М.В. Ломоносова,
д.х.н., профессор, чл.-корр. РАН Е.А. Гудилин

Секретарь заседания
к.х.н., н.с. кафедры неорганической химии
химического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова М.Н. Маркелова