

В диссертационный совет  
24.2.340.04  
при ФГАОУ ВО "Национальный  
исследовательский Нижегородский  
государственный университет им.  
Н.И. Лобачевского" (ННГУ)

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Пермина Дмитрия Алексеевича «Нанокпозиционные керамические материалы на основе оксидов магния и редкоземельных элементов для инфракрасной техники» представленную на соискание учёной степени доктора химических наук по специальности 1.4.1. Неорганическая химия.

### 1. Актуальность темы исследования

Современное материаловедение оптически- и ИК-прозрачных сред за последние 50 лет достигло значительных успехов в получении стёкол, монокристаллов и поликристаллических материалов (керамик). Последние находят широкое применение в качестве активных лазерных сред, инфракрасных окон и обтекателей, оболочек ламп и прозрачной брони. Их высокие физико-технические свойства (термостойкость, механическая прочность и др.), а также возможности керамической технологии по изготовлению оптических элементов больших размеров и сложной формы обеспечивают экономическую эффективность производства.

Особый интерес представляют материалы ближнего и среднего ИК-диапазона, в котором находятся окна прозрачности атмосферы, критичные для ряда гражданских и военных применений. Такие материалы должны обладать высокой микротвёрдостью и теплопроводностью, в том числе при повышенных температурах. Традиционно для этой цели используются соединения с кубической изотропной решёткой: алюмомагниева шпинель ( $MgAl_2O_4$ ), оксинитрид алюминия ( $AlON$ ), оксид иттрия ( $Y_2O_3$ ), оксид магния ( $MgO$ ), поликристаллы селенида и сульфида цинка ( $ZnSe$ ,  $ZnS$ ) и др. Свойства этих материалов хорошо изучены и в значительной степени исчерпаны. Поэтому спрос на исследования по разработке методов получения анизотропных поликристаллических оптических материалов продолжает расти. Такие материалы часто обладают повышенными оптическими, люминесцентными или механическими свойствами. Высокая прозрачность анизотропных поликристаллов достигается за счёт спекания плотного материала (более 99,99 об.%) с низкой пористостью при условии, что размер

зёрен существенно меньше длины волны проходящего света (в 10-20 раз). Значительный прогресс в этой области достигнут в направлении получения прозрачных керамик оксидов алюминия ( $Al_2O_3$ ) и циркония ( $ZrO_2$ ), фторапатита ( $Ca_5(PO_4)_3F$ ) и др.

Аналогичные принципы и подходы реализуются при получении ИК-прозрачных композиционных керамик на основе оксида магния (кубическая сингония) и оксидов редкоземельных элементов (РЗЭ, RE). В последнее время было показано, что по совокупности свойств композиты  $Y_2O_3 - MgO$  способны конкурировать с традиционными оптическими материалами или даже превосходить их. Выполненные работы не затрагивают ряд фундаментальных вопросов, связанных с условиями формирования плотной наноструктурированной ИК-прозрачной керамики, а также взаимосвязью между составом, строением и свойствами композитов  $RE_2O_3 - MgO$ . Нераскрытым остаётся также ряд фундаментальных проблем, связанных с установлением условий протекания реакций синтеза порошков для спекания, влиянии их химического состава, степени чистоты и условий деагломерации на свойства получаемых керамических материалов. Более того, подавляющее количество опубликованных работ посвящено композитам на основе оксида иттрия, рассматриваемым в контексте создания материалов проходной оптики диапазона 3 – 5 мкм. Данных о получении, люминесцентных и магнитооптических свойствах композитов  $RE_2O_3 - MgO$  с другими РЗЭ недостаточно для формирования представления о перспективах использования композиционных материалов для использования в лазерной технике. В связи с этим, актуальность диссертационной работы не вызывает сомнений и обусловлена потребностью в создании новых многофункциональных оптических материалов и разработке эффективных, ресурсосберегающих технологий их получения, что полностью соответствует направлениям исследований специальности 1.4.1. Неорганическая химия.

## **2. Научная новизна диссертационной работы**

Проведённое исследование обладает существенной научной новизной, которая заключается в комплексном системном подходе к решению задачи создания нового класса материалов инфракрасной техники. В частности, расширена номенклатура ИК-прозрачных композиционных материалов  $RE_2O_3 - MgO$  ( $RE = Y, Gd, Sc, Lu, Dy$ ) на основе индивидуальных оксидов РЗЭ и их твёрдых растворов.

Впервые выполнено термодинамическое исследование реакционных систем «нитрат металла – органическое горючее», что важно для прогнозирования состава продуктов и условий протекания реакций

самораспространяющегося высокотемпературного синтеза оксидов редкоземельных элементов и композита  $Y_2O_3 - MgO$ .

Важным аспектом новизны является исследование эволюции примесного состава от исходных соединений до готового оптического элемента композиционной керамики, оценено влияние следовых примесей на оптическое пропускание  $Y_2O_3 - MgO$  в инфракрасном диапазоне.

Впервые проведён синтез и исследование люминесцентных свойств композитов  $RE_2O_3 - MgO$  легированных ионами  $Ho^{3+}$  и солегированных ионами  $Er^{3+}$  и  $Yb^{3+}$ , а также установлено существование и измерены характеристики антистоксовой люминесценции, что позволяет рассматривать композиционные керамики как перспективную среду для изготовления визуализаторов ИК-излучения.

В работе сделано сопоставление процессов консолидации керамики  $Y_2O_3 - MgO$  методами электроимпульсного плазменного спекания, горячего прессования и микроволнового свободного спекания.

Несомненным достижением работы является предложенная методика оценки границы коротковолнового края пропускания на основе модели интерференционного просветления оптически мягких систем.

### 3. Практическая ценность и реализация результатов

В работе можно выделить следующие пункты практической ценности и реализации результатов:

- На основании комплексного исследования свойств и результатов термодинамического исследования реакционных систем даны конкретные рекомендации по выбору составов прекурсоров СВС порошков  $RE_2O_3 - MgO$  ( $RE = Y, Gd, Sc, Lu, Dy$ ), обеспечивающих высокую дисперсность и низкую степень агломерации целевых порошков;
- Установлены и подробно описаны экспериментальные условия получения плотных композиционных керамик  $RE_2O_3 - MgO$  ( $RE = Y, Gd, Sc, Lu, Dy$ ), сравнимые по пропусканию в средневолновом ИК-диапазоне с индивидуальными оксидами магния и РЗЭ;
- Разработана методика, позволяющая выделять вклады в полные оптические потери материала межзёренного рассеяния ( $MgO / RE_2O_3$ ) и рассеяния на дефектах, а также решать обратную задачу – по виду спектра оценивать характеристики композиционного (размер зерна, концентрацию и размер пор) материала
- В результате легирования материалов  $RE_2O_3 - MgO$  ( $RE = Y, Gd, Sc, Lu$ )

ионами  $\text{Er}^{3+}$  /  $\text{Yb}^{3+}$  и  $\text{Ho}^{3+}$ , изготовлены визуализаторы лазерного ближнего ИК - излучения, обладающие порогом лазерного пробоя более  $4 \text{ кВт/см}^2$  при действии непрерывного лазерного излучения на длине волны  $\sim 1 \text{ мкм}$  и импульсов с пиковой мощностью до  $8,5 \text{ МВт/см}^2$  на длине волны  $1,94 \text{ мкм}$ ;

- В керамике  $\text{Dy}_2\text{O}_3 - \text{MgO}$  продемонстрирован магнитооптический эффект вращения плоскости поляризации излучения, показана перспективность композиционных материалов для изготовления изоляторов и вращателей Фарадея.

#### **4. Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы**

Полученные научные и практические результаты работы можно рекомендовать предприятиям ООО «Авеста», ООО «ВПГ ЛАЗЕРУАН», ООО «Лассард», ООО «Элемент», ООО «ЛОК», ООО «ЕРТ-Групп», АО «НПО ГОИ им. СИ. Вавилова», научно-исследовательским институтам, отделениям Российской академии наук и другим заинтересованным организациям.

#### **5. Общая характеристика работы**

Диссертационная работа представляет завершённое научное исследование и состоит из введения, восьми глав, заключения, выводов, приложения списка цитируемой литературы и приложения. Работа изложена на 250 страницах машинописного текста, включая 102 рисунка, 31 таблицу и библиографию из 259 наименований. Диссертация написана хорошим научным языком и грамотно изложена.

**Введение** написано в соответствии с современными нормативами и стандартами, предъявляемыми к диссертационным исследованиям. Данный раздел работы обосновывает актуальность темы, в нем определены цель и задачи работы, сформулированы положения, выносимые на защиту, а также раскрыты научная новизна, теоретическая и практическая значимость исследования, методология и методы исследования, реализация результатов работы, доказана надёжность и достоверность полученных результатов и отражено соответствие диссертационного исследования паспорту специальности.

**Глава 1** содержит обзор литературы, посвящённый современному состоянию исследований в области материалов прозрачных в оптическом и инфракрасном диапазонах. Описываются кристаллохимические свойства оксидов магния и редкоземельных элементов. Проанализированы свойства основных материалов ближнего и среднего ИК-диапазонов, рассмотрены их достоинства и недостатки. Описаны оптические характеристики и

фундаментальные константы ИК-материалов: диапазон прозрачности, ширина запрещенной зоны, основные механизмы оптических потерь на отражение и рассеяние, и влияние температуры на некоторые оптические константы. Проведено подробное сравнение композитов (по теплофизическим и механическим свойствам) с однофазными материалами и показано их преимущества. Рассмотрены основные области применения материалов прозрачных в ИК-диапазоне, включая проходную оптику, лазеры (1-3 мкм), визуализаторы ИК-излучения, изоляторы Фарадея. Приведены требования по фазовому составу (с фазовыми включениями), примесному составу как элементных, так и газообразующих примесей, а для анизотропных материалов и композитов сформулированы требования к микроструктуре. Описаны подходы к получению прозрачных композитных керамик  $RE_2O_3$ -MgO. Рассмотрены принципы и подходы к получению порошков, также проведено сравнение их достоинств и недостатков, в заключение обоснован выбор метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Проведён детальный разбор методов спекания порошков до высокоплотного состояния разными способами, выделены наиболее перспективные подходы.

**Глава 2** включает описание методик очистки реактивов, получения прекурсоров, теоретического моделирования и синтеза порошков методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Также детально описаны методики деагломерации порошков, с последующим анализом гранулометрического состава методом лазерной дифракции. Далее перечислено оборудование и методики анализа порошков, включающие рентгеновскую дифрактометрию, растровую электронную микроскопию, анализ удельной поверхности, и абсорбционную ИК-спектрометрию. Приведено описание основных методов спекания керамик, включающих электроимпульсное плазменное спекание, горячее прессование и микроволновое спекание. Особое внимание уделено исследованию микроструктуры керамик, оптических и люминесцентных свойств, а также магнитооптические характеристик.

**Глава 3** посвящена результатам исследования протекания процесса самораспространяющегося высокотемпературного синтеза композитных порошков  $MgO$ - $RE_2O_3$ . На первом этапе автор на примере нескольких реакционных систем с разными видами горючего устанавливает общие закономерности и особенности протекания реакций СВС. В частности, по результатам синхронного термоанализа сделан вывод о необходимости для инициирования реакции горения, одновременного разложения нитрата металла и органического горючего. Кроме этого, автор показал, что в отличие от других видов горючего, разложение прекурсоров с глицином отражается

характерным для процессов СВС интенсивным и несимметричным экзотермическим эффектом на кривой ДСК, что потенциально позволит получить продукт, обладающий наиболее однородным составом и низкой степенью агломерации. На основании этих данных автор обоснованно выбрал для дальнейшей работы глицин в качестве горючего для СВС. Далее в главе приведены результаты расчётов значений адиабатической температуры горения и равновесного состава продуктов синтеза, в том числе для реакционной системы  $Y(NO_3)_3 - 2Mg(NO_3)_2 - NH_2CH_2COOH$ . Полученная информация позволила подобрать оптимальный тип горючего и область состава прекурсоров для синтеза порошков, температуру отжига и последующего спекания керамик  $MgO-RE_2O_3$ .

В Главе 4 описаны результаты исследования морфологических и структурных свойств порошков  $MgO-RE_2O_3$ . Методом электронной микроскопии показано, что частицы порошка обладают губчатой структурой с наноразмерными стенками толщиной около 10 нм, что обусловлено механизмом реакции синтеза и особенностями газообразования в реакционных системах. Установлено, что прокаливание порошков не приводит к росту кристаллитов сверх 30–50 нм. Оптимизирована схема мокрого размола: отжиг порошков при 1000 °С - размол шарами 10 мм - размол шарами 1 мм (размол проводится в этиловом спирте с добавлением ацетилацетона). Рентгеновской дифрактометрией подтверждено соответствие фазового состава порошков номинальному; выявлен обратимый фазовый переход  $Gd_2O_3$  из кубической в моноклинную модификацию при 1300 °С. Методом низкотемпературной адсорбции-десорбции азота определено, что после синтеза удельная поверхность порошков составляет 60–80 м<sup>2</sup>/г, а прокаливание при 1000 °С уменьшает её вдвое.

Особое внимание уделено ИК-спектроскопии и анализу газообразующих примесей. Установлено, что основными примесями являются пары воды, гидроксильные и карбонатные группы с общей массовой долей ~ 10 мас. %.

Глава 5 посвящена исследованию процессов спекания поликристаллической керамики  $MgO-Y_2O_3$  различными методами на основе детального анализа усадки компактов, характеристик микроструктуры и оптического пропускания полученных образцов. Установлено, что электроимпульсное плазменное спекание (ЭИПС) сопровождается загрязнением компактов углеродсодержащими примесями и не обеспечивает формирования беспористой микроструктуры. Микротвёрдость керамики  $MgO-Y_2O_3$  достигает максимума 10,5 ГПа при 1100–1200 °С; дальнейший нагрев вызывает быстрый рост зёрен и захват пор, что ухудшает свойства. Значительное улучшение пропускания образцов достигается дополнительным

отжигом при 1100 °С в течение 5 ч, при котором оно повышается до 80%.

Далее детально рассмотрены результаты микроволнового спекания порошков в уникальных гиротронных комплексах. Показана возможность быстрого и равномерного нагрева образцов композитов MgO–Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> по всему объёму, что актуально для крупногабаритных изделий. Продемонстрировано, что керамики показывают изотропную мономодальную структуру с максимальным размером зёрен 300 нм. Измеренные значения микротвёрдости и трещиностойкости составили 9,7 ГПа и 1,0 МПа·м<sup>1/2</sup>, уступая таковым для метода электроимпульсного спекания. Тем не менее отмечено, что оптические характеристики образцов уступают керамике, полученным методом ЭИПС, из-за отсутствия внешнего давления на финальных стадиях уплотнения компакта.

Лучшие результаты достигнуты при использовании горячего прессования. Оптимальной температурой в диапазоне 1200–1600 °С оказалась 1400 °С, при которой формировалась изотропная микроструктура со средним размером зёрен 150–200 нм и плотностью более 99,9 об. %. Светопропускание лучших образцов достигает 82–83%.

Таким образом, метод горячего прессования имеет наибольшие перспективы для получения высокоплотных, низкозернистых и прозрачных композитов системы MgO–RE<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

В **Главе 6** подробно описывается оптимизация условий горячего прессования композитных керамик MgO–Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Установлено, что зависимость характеристик композитов от содержания индивидуальных оксидов иттрия и магния имеет экстремальный характер. Минимальный размер зерна 173 нм достигается в случае равных объемных долей оксидов металлов, что согласуется с ранее полученными данными. Показано, что максимальную микротвердость 10.5 ГПа и высокую прозрачность можно получить при содержании оксида магния от 30 до 70 об.%. Прямое влияние на микроструктуру и прозрачность получаемых керамик оказывает примесный состав порошков для спекания. Как впервые показано диссертантом, получение композитов с высоким пропусканием в ближнем ИК-диапазоне требует использования реактивов с содержанием широкого круга примесей в концентрации не более 100 ppm. Далее для определения влияния деагломерации порошков на свойства композиционной керамики MgO–Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> выполнено многоуровневое исследование образцов, полученных при разной температуре горячего прессования. В дополнение к традиционно используемому методу сканирующей электронной микроскопии, позволяющему определить дефекты с характерным размером 10-100 нм, проведено исследование спекаемой керамики методом инфракрасной

микроскопии, благодаря чему удалось на макроуровне проследить процессы уплотнения в рассмотренных материалах. В результате сделано заключение, что помол СВС-порошков до среднего размера частиц 100-200 нм позволяет улучшить гомогенность распределения компонентов и обеспечивает как отсутствие крупных флуктуаций состава, обогащённых той или иной фазой, так и уменьшение среднего размера зёрен. Оптимизация всех технологических этапов позволила достичь уровня пропускания керамики  $\text{MgO-Y}_2\text{O}_3$ , соответствующего рекордным опубликованным значениям.

В **Главе 7** даются результаты сравнительного анализа микроструктуры, оптико-механических характеристик и люминесцентных свойств композитных нанокерамик с другими оксидами РЗЭ (гадолиний, диспрозий, скандий и лютеций). Основная цель работы заключалась в оценке перспективности этих материалов для использования в инфракрасной (ИК) оптике, лазерной технике и в качестве люминофоров. В частности, было установлено, что керамика  $\text{Y}_2\text{O}_3 - \text{MgO}$  превосходит  $\text{Gd}_2\text{O}_3 - \text{MgO}$  по своим механическим свойствам и теплопроводности, что делает ее более предпочтительной для ИК-техники. Значительная часть исследования посвящена изучению люминесцентных свойств керамик, активированных ионами эрбия, гольмия и тулия. Диссертант показал, что спектры люминесценции зависят от типа матрицы, а также выявил эффект ап-конверсии (преобразования ИК-излучения в видимый свет). Это позволяет рассматривать полученные материалы для создания визуализаторов лазерного излучения с высокой лучевой стойкостью. Кроме того, в работе исследована магнитооптическая керамика  $\text{Dy}_2\text{O}_3 - \text{MgO}$  для изоляторов Фарадея, работающих в диапазоне около 2 мкм. Несмотря на меньшее значение постоянной Верде по сравнению с чистым оксидом диспрозия, композит демонстрирует значительно более высокую теплопроводность и механическую прочность. В итоге, совокупность полученных результатов подтверждает высокий потенциал композиционных керамик  $\text{RE}_2\text{O}_3 - \text{MgO}$  для создания новых оптических, лазерных и магнитооптических элементов.

**Глава 8** посвящена разработке методики прогнозирования оптических потерь в композитах  $\text{Y}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ , вызванных рассеянием на зернах оксидов магния и иттрия, а также микродефектах. Показано, что стандартная модель независимых рассеивателей (INA) неприменима для концентрированных рассеивающих систем, так как не принимает во внимание межзёрненную интерференцию. Впервые для таких материалов была успешно применена интерференционная модель (ITA), которая позволила достаточно точно аппроксимировать спектры рассеяния за счет учёта эффектов аномального рассеяния и интерференционного просветления.

С помощью разработанной методики аппроксимации спектров удалось разделить вклады в общие потери: рассеяние на зёрнах характеризуется показателем степени  $p > 4$ , а на дефектах —  $0 \leq p < 4$ . Анализ образцов, спечённых при разных температурах, показал, что с ростом температуры увеличивается размер зерна (со 125 до 185 нм), но снижается количество дефектов. Рассеяние на зёрнах доминирует в коротковолновой области ( $< 2$  мкм), ограничивая край пропускания, тогда как в длинноволновой области ( $> 2$  мкм) основной вклад вносят крупные дефекты, создающие «серое» рассеяние. Оптимальный баланс между этими факторами, обеспечивающий наиболее широкий диапазон прозрачности, достигается при температуре спекания 1350-1400 °С.

**В Заключении** представлены основные полученные результаты диссертационного исследования, а в приложении скан патента на изобретение «Способ изготовления люминофора для визуализаторов мощного ИК-излучения». Диссертационная работа представляет собой целостный, последовательный и логически завершённый труд. Текст изложен ясным научно-техническим языком, содержит необходимый иллюстративный материал и табличные данные, что обеспечивает хорошее понимание полученных результатов.

## **6. Основные замечания и вопросы по работе**

1. В работе не приводится устойчивость материала к термоудару, хотя во введении указывается важность данного параметра.
2. Для порошков важными характеристиками являются не только размер частиц, но и удельная поверхность. Данные приведены не для всех синтезированных порошков.
3. Не указан выход порошков при синтезе. Может ли намог материала влиять на получаемые оптические характеристики?
4. В работе не хватает фотографий спечённых образцов.
5. Проводились ли измерения однородности химического состава синтезированных порошков с помощью ПЭМ?
6. Улучшение пропускания для чистых реагентов связано со снижением содержания Са и других примесей. Однако в таблице 22 для образца «ОСЧ» содержание Са составляет 18 ppm, а для «ХЧ Люм» — 20 ppm. Разница мала. Возможно, ключевую роль играет не Са, а суммарное содержание переходных металлов (Fe, Cr, Ni) или анионных примесей (S, P)?
7. Как присутствие MgO и условия горячего прессования (давление, вакуум, скорость охлаждения) влияют на температуру и необратимость фазового перехода  $Gd_2O_3$ ? Можно ли с помощью подбора состава

- композита стабилизировать кубическую фазу  $Gd_2O_3$  при высоких температурах?
8. Заявлен порог лазерного пробоя  $>4$  кВт/см<sup>2</sup>. Как измерялась эта величина? Были ли видны признаки разрушения (плазма, трещины) или наблюдалось лишь насыщение сигнала?
  9. При избытке горючего в СВС термодинамически возможно образование не только  $CO_2$  и  $H_2O$ , но и  $CO$ ,  $CH_4$ , а также свободного углерода. Проверялось ли содержание углерода в полученных образцах?
  10. Для легированных керамик ( $Ho^{3+}$ ,  $Tm^{3+}$ ,  $Er^{3+}/Yb^{3+}$  в матрицах  $Sc_2O_3$ ,  $Lu_2O_3$ ,  $Gd_2O_3$ ) отсутствуют экспериментальные значения плотности. Без этих данных невозможно корректно разделить вклад рассеяния на остаточной пористости и собственных оптических потерь в люминесцентных измерениях. Каков квантовый выход люминесценции?
  11. До какого объёма может быть масштабирован метод синтеза порошков?
  12. Не хватает сравнительной таблицы, которая описывала бы свойства полученных материалов и их оптические характеристики.

Следует отметить, что приведённые замечания не снижают ценность работы, её теоретическую и практическую значимость.

### **Заключение**

Проведенное Д.А. Перминым диссертационное исследование на тему «Наноконпозиционные керамические материалы на основе оксидов магния и редкоземельных элементов для инфракрасной техники» представляет собой законченную работу, в которой решена важная научная задача в области неорганической химии и смежных областей науки. Актуальность работы обусловлена созданием основ метода получения новых оптических материалов с повышенными эксплуатационными свойствами.

Полученные результаты диссертационного исследования, их достоверность, новизна научных положений, выводов и практических рекомендаций не вызывает сомнений и подтверждается наличием 20 высокорейтинговыми статьями из перечня ВАК, базах данных Web of Science и Scopus, 19 публикациями в сборниках тезисов и трудов всероссийских и международных конференций, а также патентом на изобретение Российской Федерации по теме исследования.


Содержание диссертации полностью соответствует поставленным задачам и паспорту специальности 1.4.1. Неорганическая химия по пунктам 1-3 в пунктах Фундаментальные основы получения объектов исследования неорганической химии и материалов на их основе (пункт 1); дизайн и синтез новых неорганических соединений и особо чистых веществ с заданными свойствами (пункт 2); взаимосвязь между составом, строением и свойствами

неорганических соединений. Неорганические наноструктурированные материалы (пункт 4). Текст полученной диссертации и автореферата соответствует размещённому в сети «Интернет» на сайте Национального исследовательского университета «Московский институт электронной техники». Автореферат, опубликованные научные работы и полученные патенты РФ в полной мере отражают содержание диссертации.

По своей актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости, достоверности полученных результатов, а также по личному вкладу автора диссертационная работа «Нанокomпозиционные керамические материалы на основе оксидов магния и редкоземельных элементов для инфракрасной техники» полностью соответствует критериям, установленным пунктами 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённым постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора наук, а её автор Пермин Дмитрий Алексеевич заслуживает присуждения ему учёной степени доктора химических наук по научной специальности 1.4.1. Неорганическая химия.

Официальный оппонент,  
доктор химических наук,  
доцент, Центр технологий  
материалов,  
Автономная некоммерческая  
образовательная организация  
высшего образования  
«Сколковский институт науки и  
технологий»

Евлашин Станислав Александрович



06.04.2026

Адрес места работы: 121205, г. Москва, Большой бульвар, д. 30 стр. 1

Адрес электронной почты: [s.evlashin@skoltech.ru](mailto:s.evlashin@skoltech.ru)

Телефон: +79263720859

*Пермин Дмитрий Алексеевич*  
РУКОВОДИТЕЛЬ ОТДЕЛА  
КАДРОВОГО АДМИНИСТРИРОВАНИЯ  
Гук О.С.

