

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.108.02, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И МЕДИЦИНСКОЙ ХИМИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «22» января 2026 г. № 1

О присуждении Кашину Сергею Николаевичу, гражданство РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Деформационная инженерия магнитокалорического эффекта в микро- и наноструктурах Gd и Ho» по специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества принята к защите 6 ноября 2025 года (протокол № 2) диссертационным советом 24.1.108.02 (Д 002.082.03), созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук (ФИЦ ПХФ и МХ РАН), подведомственного Министерству науки и высшего образования РФ: 142432, Московская область, г. Черноголовка, пр. академика Семенова, д. 1 (адрес сайта: <http://www.icp-ras.ru>); диссертационный совет утвержден приказом Минобрнауки РФ о создании от 03.03.2016 г. № 245/нк с внесением частичных изменений в состав совета от 17.04.2019 г. № 327/нк, от 18.11.2020 г. № 692/нк, от 19.04.2022 г. №384/нк, от 12.07.2023 г. №1512/нк и в наименование организации от 03.10.2022 г. №1088/нк.

Соискатель Кашин Сергей Николаевич, 1998 года рождения, в 2022 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова" (ведомственная принадлежность - Правительство Российской Федерации), получив квалификацию магистра по направлению 03.04.01 «Прикладные математика и физика». С 2022 года обучается в очной аспирантуре ФИЦ ПХФ и МХ РАН по направлению Физические науки,

специальность 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества. Соискатель в настоящее время работает в должности младшего научного сотрудника ФИЦ ПХФ и МХ РАН в отделе строения вещества, группе магнитных и спиновых логических процессов и устройств.

Диссертация выполнена в группе магнитных и спиновых логических процессов и устройств ФИЦ ПХФ и МХ РАН.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук (01.04.07 - физика конденсированного состояния), профессор Моргунов Роман Борисович, ФИЦ ПХФ и МХ РАН, отдел строения вещества, группа магнитных и спиновых логических процессов и устройств, главный научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

1 Кокшаров Юрий Алексеевич, доктор физико-математических наук, профессор, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (МГУ имени М.В. Ломоносова), физический факультет, кафедра общей физики, профессор,

2 Хомицкий Денис Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (ННГУ им. Н.И. Лобачевского), физический факультет, кафедра теоретической физики, профессор
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ВГТУ»), г. Воронеж, в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой твердотельной электроники д.т.н. Небольсиным Валерием Александровичем и утверждённом проректором по науке и инновациям д.т.н. Башкировым Алексеем Викторовичем, указала, что: «Полученные в диссертации новые знания в области намагниченности и магнитокалорического эффекте в

микрорекристаллических микропроводах Gd и изменении магнитной энтропии, вызванных микроструктурированием, по сравнению с объемными образцами, развивают представления о влиянии упругой и пластической деформации на физические свойства и могут быть использованы такими научными и производственными коллективами, как НИЦ «Курчатовский институт» (г. Москва), Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (г. Москва), ФТИ им. Иоффе РАН, (г. С.-Петербург), «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (г. Москва), Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород), Корпорация НПО «РИФ» (г. Воронеж) и др.

<...> Диссертационная работа Кашина С.Н. представляет собой самостоятельное и завершённое исследование. Содержание работы полностью соответствует требованиям паспорта специальности 1.3.17 — Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества, в частности: пункт 2 — Структура и свойства кристаллов, аморфных тел; поведение веществ и структурно-фазовые переходы в экстремальных условиях — в электрических и магнитных полях, в условиях статического и динамического сжатия; пункт 3 — Динамические теории в описании упругости, релаксации, пластической деформации, теплопроводности, реологии; динамика фазовых переходов; пункт 4 — Релаксация внутренней энергии в кинетическую и в энергию решетки; особенности энергетической динамики в газах, кластерах, жидкостях, твердых телах и межфазных границах.

По показателям актуальности, достоверности, оригинальности результатов, научной и практической значимости, а также объёму выполненных исследований, диссертационная работа «Деформационная инженерия магнитокалорического эффекта в микро- и наноструктурах Gd и Ho» полностью удовлетворяет квалификационным требованиям пунктов 9–14 действующего «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 (в действующей

редакции). Автор работы, Кашин Сергей Николаевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 — Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества».

Соискатель имеет 24 опубликованных работы по теме диссертации (общий объем 111 стр.), в том числе 9 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК РФ и индексируемых в РИНЦ, Web of Science и Scopus. Все научные работы опубликованы в соавторстве и процитированы в тексте диссертации, недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Morgunov R.B., Kashin S.N., Kunitsyna E.I., Talantsev A.D., Chernov A.I. Magnetic relaxation between ferromagnetic and helix spin configurations in holmium films // Journal of Physics D: Applied Physics. – 2024. – Vol. 57. – № 41. – P. 415002.

2. Morgunov R.B., Kashin S.N. Universality classes of magnetic phase transitions in holmium films // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2025. – Vol. 621. – P. 172908.

3. Morgunov R.B., Kashin S.N. Mechanically controlled magneto-caloric effect in Gd microwires // Materials Letters – 2025. – Vol. 401. – P. 139241.

В вышеперечисленных работах представлены экспериментальные результаты по магнитным и магнитокалорическим свойствам микропроводов гадолиния, гетероструктур на основе Gd и тонких пленок гольмия; обнаружено влияние деформации на изменение магнитной энтропии при температуре Кюри а также при спин-переориентационном переходе; исследовано влияние механической деформации на магнитную энтропию и критические индексы магнитных фазовых переходов как при изгибе, так и при растяжении микропровода; выявлено усиление магнитокалорического эффекта в планарных гетероструктурах Gd при передаче растягивающих напряжений через интерфейс MgO/W; определены классы универсальности магнитных фазовых переходов из

геликоидального в ферромагнитное состояние в пленках гольмия; обнаружены эффекты магнитной релаксации, асимметрии перемагничивания и формирования промежуточных метастабильных спиновых состояний в гольмии; обсуждается информативность магнитной вязкости и магнитной восприимчивости в переменном магнитном поле в качестве индикаторов переходов между различными спиновыми конфигурациями в пленках Ho.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

На диссертацию и автореферат поступило 6 отзывов, все положительные (4 из них содержат вопросы и замечания). В отзывах заведующего кафедрой биофизики и физики конденсированного состояния ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» д.ф.-м.н. В.Л. Бердинского и старшего научного сотрудника ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина» к.ф.-м.н. А.И. Тюрина замечаний нет. В отзыве заведующего кафедрой «Физика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» д.т.н. О.С. Дмитриева содержится замечание технического характера. В отзыве заведующего кафедрой фундаментальной физики и нанотехнологий ФГОУ ВО «Ивановский государственный университет» к.ф.-м.н. Л.И. Минеева приведено замечание: «было бы полезно подробнее пояснить обратимость изменений магнитных свойств после циклического изгиба микропроводов, поскольку данный аспект важен для практического применения в гибридных магнитных холодильных установках». В отзыве заведующего лабораторией физического материаловедения образовательно-научного кластера «Институт высоких технологий» ФГАОУВО «БФУ им. И. Канта» д.ф.-м.н. В.В. Савина имеется одно замечание: «на стр. 14 в разделе «Глава 4» диссертант пишет о оценке величины изгибных деформаций микропроводов гадолиния методом рентгеновской дифракции, однако приводится только один пик для недеформированного и деформированного микропровода гадолиния, в результате чего выводы о величине возникающих напряжений при изгибной деформации микропровода кажутся неполными <...>». В отзыве заведующего лабораторией

физики ферроиков ФГБУН «Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук» к.ф.-м.н. А.М. Калашниковой приведены следующие критические вопросы и замечания: «1. Каков диапазон размеров микропроводов, для которых справедливо Положение 1? Такое же замечание относится и к изложению содержания Главы 3 – каковы параметры изучаемых микропроводов. 2. Из текста автореферата остаётся неясным, как именно остаточные напряжения приводят к появлению особенности T_{C2} и почему она проявляется в сильных полях. 3. Из текста автореферата остаётся неясным, для одинаковых ли образцов микропроводов получены температурные зависимости магнитной части энтропии, представленные на Рис. 2 и 7. Так, в данных на Рис. 2 пик, связанный с температурой Кюри, наблюдается при более низких температурах, чем пик, приписываемый спиновой переориентации. В данных на Рис. 7 – наоборот. С чем это связано? Если образцы имели разные параметры, то это следовало указать. 4. Положение 4 сформулировано недостаточно конкретно: не указан диапазон или иная количественная характеристика роста магнитной энтропии. 5. В заключении сказано, что «в гетероструктурах гадолиния эпитаксиальные напряжения, передающиеся через буферный слой W, увеличивают магнетокалорический эффект». Это, по мнению рецензента, противоречит тому, что магнитная часть энтропии больше в образцах с большей толщиной плёнки Gd (образцы серии В, Рис. 4). В такой плёнке можно было бы ожидать как минимум частичной релаксации напряжений, что подтверждается меньшей шириной линии в XRD спектре (Рис. 3). Анализировалось ли соискателем данное противоречие? 6. В Заключении использована неудачная формулировка «первый» и «второй» магнетокалорический эффект. Более корректно было бы обсуждать два максимума в магнетокалорическом эффекте. 7. При изложении результатов Главы 5 не указано, как изучаемые эффекты в плёнках Но могут повлиять на МКЭ».

Диссертационный совет решил, что на все поступившие замечания соискатель Капин С.Н. дал полные и исчерпывающие ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается

тем, что Кокшаров Юрий Алексеевич - автор более 140 публикаций в журналах, индексируемых в Web of Science, в области физики магнитных явлений и низкоразмерных систем. Его научный опыт в экспериментальном и теоретическом изучении магнитных свойств сплавов позволяет обеспечить квалифицированную оценку исследуемых и описываемых в диссертации эффектов. Хомицкий Денис Владимирович является автором 58 научных публикаций в журналах, индексируемых в базе Web of Science, посвящённых экспериментальным и теоретическим исследованиям в области физики магнитных явлений. Его научный опыт позволяет обеспечить квалифицированную оценку диссертационной работы Кашина С.Н., в которой рассматривается влияние механических напряжений и деформаций на магнитокалорический эффект.

Выбор ВГТУ в качестве ведущей организации обусловлен тем, что одним из направлений его научно-исследовательской деятельности являются исследования магнитных свойств микро и наноструктур, в том числе в условиях действия механических напряжений. Отзыв ВГТУ позволит дать квалифицированную оценку научной новизне, оригинальности и перспективности результатов, полученных Кашиным С.Н.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- установлено, что изменение магнитной энтропии при температуре около 293 К обусловлено переходом ферро-парамагнетик (переходом Кюри) в основной фазе гадолиния, тогда как при температуре около 312 К вклад в магнитокалорический эффект связан со спин-переориентационным переходом в высокотемпературной ферромагнитной фазе, индуцированной внутренними механическими напряжениями;

- показано, что механическая деформация изгиба и растяжения в микропроводах Gd подавляет вклад спин-переориентационного перехода в магнитную энтропию при 312 К и одновременно увеличивает температурный рост намагниченности вблизи 293 К, приводя к увеличению магнитной энтропии в

данной температурной области;

- установлено, что в планарных гетероструктурах на основе гадолиния растягивающие механические напряжения, возникающие на интерфейсе MgO/W , передаются через слой W в пленку Gd и приводят к усилению магнитокалорического эффекта за счёт роста производной намагниченности от температуры вблизи температуры Кюри;

- определены классы универсальности магнитных фазовых переходов из геликоидального состояния в пленках гольмия;

- обнаружены эффекты магнитной релаксации в пленках Ho , обусловленные конкуренцией механизмов переключения намагниченности с формированием промежуточных динамических и метастабильных спиновых состояний, приводящие к асимметрии процессов перемагничивания и временной задержке переключения намагниченности;

- показано, что магнитная вязкость и магнитная восприимчивость пленок Ho в переменном магнитном поле являются чувствительными индикаторами переходов между различными спиновыми конфигурациями.

Теоретическая значимость исследования обусловлена тем, что

полученные результаты расширяют представления о влиянии механических напряжений и деформаций на магнитные фазовые переходы, магнитную анизотропию и магнитокалорический эффект в редкоземельных ферромагнитных микро- и наноструктурах, а также уточняют описание классов универсальности и релаксационных процессов в системах с геликоидальным магнитным порядком.

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

полученные результаты можно использовать для увеличения эффективности магнитокалорических свойств микро- и наноструктур при приложении механических напряжений, а также для понижения индукции магнитного поля, используемого в магнитокалорических машинах гибридного типа, в которых наряду с циклическим изменением магнитного поля используется циклическая

механическая деформация. Эти результаты важны для усовершенствования магнитных холодильных машин на основе сети микропроводов, создающих превосходные условия для рассеивания тепла. Преимущество такой системы заключается в том, что модуляция магнитокалорического эффекта за счет деформации не требует значительных механических напряжений и приложения больших сил, что упрощает магнитную холодильную машину, в которой изменения магнитного поля сопровождаются одновременными изменениями механического напряжения. Такая гибридная холодильная машина, модулированная упругой деформацией, может значительно снизить амплитуду магнитного поля, необходимого для циклического охлаждения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- использование в работе современных методик и аттестованных приборов, отличающихся высоким уровнем чувствительности, позволило получить надёжные количественные и качественные данные о химическом составе, атомной и фазовой структуре всех образцов, а также об их магнитных свойствах в постоянном и переменном магнитных полях; экспериментальные результаты стабильно воспроизводятся, хорошо согласуются между собой, не противоречат друг другу и согласуются с результатами других исследований в части первичной магнитной аттестации образцов (намагниченность насыщения, температура Кюри и др). В диссертации аккуратно рассчитаны погрешности измерений и проведен подробный анализ факторов, которые создают разброс измеряемых величин.

Личный вклад автора состоит в теоретическом анализе литературы по теме диссертации; выполнении экспериментальной работы; обработке, анализе и интерпретации данных, полученных при помощи магнитометрических, оптических и дифракционных методов; формулировке выводов, подготовке докладов на конференциях и участии в написании статей.

В ходе защиты было высказано критическое замечание о том, что интерпретация сдвига дифракционных пиков как уменьшения параметра кристаллической решётки вследствие изгибной деформации является

некорректной. Соискатель Кашин С.Н. согласился с замечанием и пояснил, что в работе рассматриваются четные эффекты по деформации, а при измерении рентгеновского спектра можно было судить о деформации только поверхностных слоев, где деформация сжатия на внутренней стороне микропровода не компенсировалась деформацией растяжения на внешней стороне, на которую и падало рентгеновское излучение.

На заседании 22 января 2026 года диссертационный совет принял решение:

за решение научной задачи в области химической физики, направленной на установление термодинамических закономерностей преобразования и переноса энергии и энтропии при охлаждении микропроводов и гетероструктур на основе гадолиния, а также выявление роли состава рабочего тела и внешних механических и магнитных воздействий, позволяющих управлять параметрами охлаждающего цикла магнитной холодильной машины

присудить Кашину Сергею Николаевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 15 докторов наук по специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 15, против присуждения ученой степени – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета
д.ф.-м.н., профессор



Разоренов Сергей Владимирович

Ученый секретарь диссертационного совета
д.х.н.



Золотухина Екатерина Викторовна

22.01.2026 г.