

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.140.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКИХ  
ПРОБЛЕМ ИМ. П.Л. КАПИЦЫ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК,  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от «26» октября 2022 г., протокол № 160.

О присуждении Готовко Софье Климентовне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Электронный спиновый резонанс в мультиферроиках» по специальности 1.3.10 – «Физика низких температур» принята к защите 23 августа 2022 г. (протокол заседания № 159) диссертационным советом 24.1.140.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки (ФГБУН) Институт физических проблем им. П.Л. Капицы Российской академии наук (ИФП РАН), 119334, г. Москва, ул. Косыгина, д. 2, совет создан на основании приказа Министерства образования и науки Российской Федерации от 11 апреля 2012 г. № 105/нк.

Соискатель Готовко Софья Климентовна, 1995 г. рождения, в 2018 г. окончила магистратуру Московского Физико-Технического Института (Государственный Университет) по специальности «03.04.01 Прикладные физика и математика». С 2018 г. по 2022 г. обучалась в аспирантуре НИУ ВШЭ по направлению 03.06.01 – «Физика и астрономия» и специальности 1.3.10 (01.04.09) – «Физика низких температур». В настоящее время работает в ИФП РАН в должности младшего научного сотрудника.

Диссертационная работа С. К. Готовко посвящена исследованиям фрустрированных мультиферроиков  $\text{CuCrO}_2$ ,  $\text{LiCuVO}_4$  и  $\text{PbCuSO}_4(\text{OH})_2$  (линарит).  $\text{CuCrO}_2$  является квазидвумерным антиферромагнетком, а  $\text{LiCuVO}_4$  и  $\text{PbCuSO}_4(\text{OH})_2$  – квазидвумерными антиферромагнетиками. Данные соединения являются мультиферроиками: одновременно с магнитоупорядочением в них возникает спонтанная электрическая поляризация. Основным методом исследования в работе является электронный спиновый резонанс (ЭСР). Для изучения влияния электрического поля на резонансное поле в мультиферроиках был изготовлен прибор, позволяющий измерять ЭСР в присутствии электрического поля. Для повышения чувствительности использовался модуляционный метод. Основным результатом диссертации соискателя является обнаружение сдвига

полей ЭСР в мультиферроиках  $\text{CuCrO}_2$  и  $\text{LiCuVO}_4$ . Экспериментальные результаты, полученные для  $\text{CuCrO}_2$ , согласуются с результатами теоретического анализа, проведённого в работе [Марченко В. И., ЖЭТФ, 2014]. Соискателем теоретически описано поведение структуры в электрическом поле в  $\text{LiCuVO}_4$  и проведено сравнение с результатами эксперимента.

В мультиферроике линарит было проведено ЭСР-исследование низкочастотной спиновой динамики магнитной структуры. В результате были определены параметры анизотропии, необходимые для дальнейшего изучения этого соединения, и идентифицирована магнитная структура, реализующаяся вблизи поля насыщения.

Диссертация была выполнена в ИФП РАН и НИУ ВШЭ.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук Свистов Леонид Евгеньевич, ведущий научный сотрудник ИФП РАН.

Официальными оппонентами выступили:

- Пятаков Александр Павлович, д.ф.-м.н., профессор РАН, профессор Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова.
- Демидов Виктор Владимирович, д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт радиотехники и электроники имени В. А. Котельникова Российской Академии Наук.

Оба оппонента дали положительные отзывы на диссертацию с незначительными замечаниями.

Ведущая организация, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический Институт им. П. Н. Лебедева Российской Академии Наук, в своем положительном отзыве, составленном Гиппиусом Андреем Андреевичем, доктором физико-математических наук, главным научным сотрудником Лаборатории ЯМР твёрдого тела, и утвержденном Исполняющим Обязанности Директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физический Институт им. П. Н. Лебедева Российской Академии Наук (ФИАН), доктором физико-математических наук Рябовым Владимиром Алексеевичем, указала, что выполненная на современном уровне научных исследований диссертационная работа С. К. Готовко удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает

присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.10 – “Физика низких температур”.

Соискатель имеет 3 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации 3 работы. Все работы опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК и входящих в базу данных Web of Science.

Список научных работ по теме диссертации:

1. S. K. Gotovko, T. A. Soldatov, L. E. Svistov, H. D. Zhou: Multiferroicity of  $\text{CuCrO}_2$  tested by electron spin resonance. // *Physical Review B*. – 2018. – Vol. 97. – № 9. – P. 094425.
2. S. K. Gotovko, L. E. Svistov, A. M. Kuzmenko, A. Pimenov, M. E. Zhitomirsky: Electron spin resonance in spiral antiferromagnet linarite: Theory and experiment. // *Physical Review B*. – 2019. – Vol. 100. – № 17. – P. 174412.
3. S. K. Gotovko, V. I. Marchenko, A. Prokofiev, L. E. Svistov: Dynamics of the multiferroic  $\text{LiCuVO}_4$  influenced by electric field. // *Physical Review B*. – 2021. – Vol. 104. – № 21. – P. 214415.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обусловлен их большим опытом и достижениями в данной области науки. А. П. Пятаков – физик, активно работающий в области физики мультиферроиков, В. В. Демидов – специалист в области исследования магнитных явлений методом электронного спинового резонанса, Физический Институт им. П. Н. Лебедева – одна из ведущих организаций в России в области физики твёрдого тела, физики низких температур и магнитных явлений, что позволяет им правильно оценить научную и практическую значимость полученных в диссертации результатов.

Диссертационный совет отмечает наиболее важные результаты диссертационной работы С. К. Готовко:

1. Экспериментально обнаружено и изучено влияние электрического поля на спектр ЭСР и магнитную структуру в мультиферроиках  $\text{CuCrO}_2$  и  $\text{LiCuVO}_4$ .
2. Проведён симметричный анализ магнитной структуры  $\text{LiCuVO}_4$ . В рамках макроскопической модели описана связь между спонтанной электрической поляризацией в данном веществе и магнитным параметром порядка. Результаты теоретического рассмотрения находятся в согласии с экспериментальными результатами.
3. Экспериментально показано, что с помощью магнитного поля можно управлять ориентацией спиновой плоскости в соединениях  $\text{CuCrO}_2$  и  $\text{LiCuVO}_4$ , а с помощью электрического поля можно контролировать направление вращения спинов в спиновой плоскости.

4. Впервые проведено мультимчастотное исследование спектра ЭСР в квазиодномерном магнетике  $\text{PbCuSO}_4(\text{OH})_2$  (линарит) в области полей вплоть до поля насыщения. Получены основные макроскопические и микроскопические параметры анизотропии. Идентифицирована реализующаяся в высоких магнитных полях магнитная структура.

Результаты диссертационной работы С. К. Готовко являются новыми и важными для понимания физики низких температур и физики низкоразмерных магнитных систем, вносят вклад в понимание физических свойств мультиферроиков. Наиболее важными результатами являются экспериментальное обнаружение сдвига спектра ЭСР в мультиферроиках  $\text{CuCrO}_2$  и  $\text{LiCuVO}_4$ , описание связи магнитного параметра порядка в  $\text{LiCuVO}_4$  и спонтанной электрической поляризации, определение параметров анизотропии в  $\text{PbCuSO}_4(\text{OH})_2$ . Представленные результаты могут использоваться при дальнейшем изучении квазинизкоразмерных фрустрированных мультиферроиков.

Полученные экспериментальные данные стимулируют дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования квазинизкоразмерных фрустрированных мультиферроиков. Работа С. К. Готовко поднимает вопросы, которые могут послужить дальнейшему развитию теории и эксперимента в подобных соединениях.

Все полученные результаты являются новыми и хорошо обоснованными теорией или качественными рассуждениями. Их достоверность не вызывает сомнения и обеспечивается применением эффективных экспериментальных методов исследования, сравнением данных, полученных различными методами, их многократной повторяемостью, аккуратной обработкой экспериментальных данных и тщательным анализом погрешностей. Обоснованность определяется глубоким и всесторонним анализом результатов на базе имеющихся теоретических моделей.

Результаты и выводы диссертационной работы могут быть использованы в ведущих научных центрах России, где ведутся исследования в области физики магнитных явлений, таких как ИФП РАН, ИФТТ РАН, ИТФ им. Л. Д. Ландау, КФТИ РАН, МГУ, ИОФ РАН, ФИАН, СПбГУ и др.

Соискателю принадлежит главная роль в постановке задач исследования, проведении большинства измерений, обработке экспериментальных данных, анализе и обсуждении результатов измерений, написании статей и представлении материалов диссертации на конференциях международного уровня.

На заседании «26» октября 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить С. К. Готовко ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.10 – «Физика низких температур».

При проведении тайного электронного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 10 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовал: за - 17, против - 0, не голосовавших - 0.

Председатель

диссертационного совета,

доктор физико-математических наук,

профессор, академик



А.Ф. Андреев

Ученый секретарь

диссертационного совета,

кандидат физико-математических наук

А.Н. Юдин

«27 » октября 2022 г.