

Заключение диссертационного совета МГУ.013.5  
по диссертации на соискание ученой степени доктора наук

Решение диссертационного совета от «16» мая 2024 г. №25

О присуждении Вавиловой Евгении Леонидовне, гражданке Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Взаимодействие низкоразмерности, магнитной фрустрации и дефектов в квантовых спиновых магнетиках, исследованное методом ядерного магнитного резонанса» по специальности 1.3.12. – Физика магнитных явлений принята к защите диссертационным советом МГУ.013.5, протокол № 20 от 08.02.2024

Соискатель Вавилова Евгения Леонидовна 1969 года рождения в 1991 г. с отличием окончила физический факультет Казанского Государственного Университета по специальности «физика». Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Исследование различных типов фазового расслоения в купратах лантана методами ядерного квадрупольного резонанса и СКВИД магнитометрии» по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния защитила в 2000 году в диссертационном совете, созданном на базе Казанского Государственного Университета.

Соискатель работает старшим научным сотрудником в Казанском Физико-Техническом Институте имени Е.К. Завойского – обособленном структурном подразделении Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук».

Диссертация выполнена в лаборатории физики ферроиков и функциональных материалов отдела перспективных материалов Казанском Физико-Техническом Институте имени Е.К. Завойского – обособленном структурном подразделении Федерального государственного бюджетного

учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

Гиппиус Андрей Андреевич д.ф.-м.н., профессор, МГУ имени М.В. Ломоносова, физический факультет, профессор кафедры физики низких температур и сверхпроводимости;

Михалев Константин Николаевич д.ф.-м.н., с.н.с., главный научный сотрудник, заведующий лабораторией кинетический явлений отдела наноспинтроники Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук;

Демишев Сергей Васильевич д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории новых магнитных и сверхпроводящих материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики высоких давлений имени Л.Ф. Верещагина Российской академии наук дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 65 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 24 работы, из них 24 статьи, опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.3.12.

Список основных авторских публикаций по теме диссертации:

1. Spin dynamics in the alternating chain system  $\text{Li}_3\text{Cu}_2\text{SbO}_6$  with defects probed by nuclear magnetic resonance. / E. Vavilova, S. Nishimoto, T. Salikhov, T. Vasilchikova, V. Nalbandyan, A. Vasiliev, and E. Zvereva. // Physical Review B. – 2021. - Vol. 103. – P. 094415. – <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.103.094415>. - Imp.F. = 3.2 (SJR). 0,88 п.л. Авторский вклад 0,5.
2. Quantum electric dipole glass and frustrated magnetism near a critical point in  $\text{Li}_2\text{ZrCuO}_4$ . / E. Vavilova, A. S. Moskvina, Y. C. Arango, A. Sotnikov, S.-L. Drechsler, R. Klingeler, O. Volkova, A. Vasiliev, V. Kataev and B. Büchner. //

- Europhysics Letters. – 2009. – Vol. 88. – P. 27001. - <https://doi.org/10.1209/0295-5075/88/27001>. - Imp.F. = 1.8 (SJR). 0,38 п.л. Авторский вклад 0,5.
3.  $^7\text{Li}$  NMR study of the ordering phenomena in the intrinsic two-component magnetoelectric material  $\text{Li}_2\text{ZrCuO}_4$ . / A. S. Moskvina, E. Vavilova, S.-L. Drechsler, V. Kataev, and B. Büchner. // Physical Review B. – 2013. – Vol. 87. – P. 054405. - <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.87.054405>. - Imp.F. = 3.2 (SJR). 0,31 п.л. Авторский вклад 0,4.
  4. Signatures of a magnetic field-induced unconventional nematic liquid in the frustrated and anisotropic spin-chain cuprate  $\text{LiCuSbO}_4$ . / H.-J. Grafe, S. Nishimoto, M. Iakovleva, E. Vavilova, L. Spillecke, A. Alfonsov, M.-I. Sturza, S. Wurmehl, H. Nojiri, H. Rosner, J. Richter, U. K. Rößler, S.-L. Drechsler, V. Kataev, and B. Büchner. // Scientific Reports. – 2017. – Vol. 7. – P. 6720. - <https://doi.org/10.1038/s41598-017-06525-0>. - Imp.F. = 3.8 (SJR). 1,31 п.л. Авторский вклад 0,3.
  5. Zigzag antiferromagnetic quantum ground state in monoclinic honeycomb lattice antimonates  $\text{A}_3\text{Ni}_2\text{SbO}_6$  ( $\text{A} = \text{Li}, \text{Na}$ ). / E. A. Zvereva, M. I. Stratan, Y. A. Ovchenkov, V. B. Nalbandyan, J.-Y. Lin, E. L. Vavilova, M. F. Iakovleva, M. Abdel-Hafiez, A. V. Silhanek, X.-J. Chen, A. Stroppa, S. Picozzi, H. O. Jeschke, R. Valentí, and A. N. Vasiliev. // Physical Review B. – 2015. – Vol. 92. – P. 144401. - <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.92.144401>. - Imp.F. = 3.2 (SJR). 0,75 п.л. Авторский вклад 0,3.
  6. Commensurate helicoidal order in the triangular layered magnet  $\text{Na}_2\text{MnTeO}_6$ . / A. I. Kurbakov, A. E. Susloparova, V. Y. Pomjakushin, Y. Skourski, E. L. Vavilova, T. M. Vasilchikova, G. V. Raganyan, and A. N. Vasiliev. // Physical Review B. – 2022. – Vol. 105. – P. 064416. - <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.105.064416>. - Imp.F. = 3.2 (SJR). 0,56 п.л. Авторский вклад 0,3.
  7. Magnetic phase diagram and possible Kitaev-like behavior of honeycomb-lattice antimonate  $\text{Na}_3\text{Co}_2\text{SbO}_6$ . / E. Vavilova, T. Vasilchikova, A. Vasiliev, D.

- Mikhailova, V. Nalbandyan, E. Zvereva, and S.V. Streltsov. // *Physical Review B*. – 2023. – Vol. 107. – P. 054411. – <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.107.054411>. - Imp.F. = 3.2 (SJR). 0,69 п.л. Авторский вклад 0,8.
8. Finite-size effects and magnetic order in the spin-1/2 honeycomb-lattice compound  $\text{InCu}_{2/3}\text{V}_{1/3}\text{O}_3$ . / M. Yehia, E. Vavilova, A. Möller, T. Taetz, U. Löw, R. Klingeler, V. Kataev, and B. Büchner. // *Physical Review B*. – 2010. – Vol. 81. – P. 060414(R). - <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.81.060414>. - Imp.F. = 3.2 (SJR). 0,25 п.л. Авторский вклад 0,5.
  9. Ground state and low-temperature magnetism of the quasi-two-dimensional honeycomb compound  $\text{InCu}_{2/3}\text{V}_{1/3}\text{O}_3$ . / M. Iakovleva O. Janson, H.-J. Grafe, A. P. Dioguardi, H. Maeter, N. Yeche, H.-H. Klauss, G. Pascua, H. Luetkens, A. Möller, B. Büchner, V. Kataev, and E. Vavilova. // *Physical Review B*. – 2019. – Vol. 100. – P. 144442. - <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.100.144442>. - Imp.F. = 3.2 (SJR). 0,88 п.л. Авторский вклад 0,7.
  10. Magnetic resonance spectroscopy on the spin-frustrated magnets  $\text{YBaCo}_3\text{MO}_7$  (M=Al, Fe). / M. Iakovleva, S. Zimmermann, J. Zeisner, A. Alfonsov, H.-J. Grafe, M. Valldor, E. Vavilova, B. Büchner, and V. Kataev. // *Physical Review B*. – 2017. – Vol. 96. – P. 064417. - <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.96.064417>. - Imp.F. = 3.2 (SJR). 0,69 п.л. Авторский вклад 0,5.
  11. Spin-State Polarons in Lightly-Hole-Doped  $\text{LaCoO}_3$ . / A. Podlesnyak, M. Russina, A. Furrer, A. Alfonsov, E. Vavilova, V. Kataev, B. Büchner, Th. Strässle, E. Pomjakushina, K. Conder, and D. I. Khomskii. // *Physical Review Letters*. – 2008. – Vol. 101. – P. 247603. - <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.101.247603>. - Imp.F. = 8.1 (SJR). 0,25 п.л. Авторский вклад 0,25.
  12. Magnetic properties of vanadium oxide nanotubes probed by static magnetization and  $^{51}\text{V}$  NMR. / E. Vavilova, I. Hellmann, V. Kataev, C. Täschner, B. Büchner, and R. Klingeler. // *Physical Review B*. – 2006. – Vol.

73. – P. 144417. - <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.73.144417>. - Imp.F. = 3.2 (SJR). 0,44 п.л. Авторский вклад 0,4.
13. High-temperature ferromagnetism of Li-doped vanadium oxide nanotubes. / A. I. Popa, E. Vavilova, Y. C. Arango, V. Kataev, C. Täschner, H.-H. Klauss, H. Maeter, H. Luetkens, B. Büchner and R. Klingeler. // *Europhysics Letters*. – 2009. – Vol. 88. – P. 57002. - <https://doi.org/10.1209/0295-5075/88/57002>. - Imp.F. = 1.8 (SJR). 0,31 п.л. Авторский вклад 0,5.
14. Electrochemical Behavior and Magnetic Properties of Vanadium Oxide Nanotubes. / A. I. Popa, E. Vavilova, C. Täschner, V. Kataev, B. Büchner, and R. Klingeler. // *The Journal of Physical Chemistry C*. - 2011. – Vol. 115. – pp. 5265–5270. - <https://doi.org/10.1021/jp109327x>. - Imp.F. = 3.3 (SJR). 0,31 п.л. Авторский вклад 0,4.
15. Ground state and low-energy magnetic dynamics in the frustrated magnet  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$  as revealed by local spin probes. / M. Iakovleva, E. Vavilova, H.-J. Grafe, S. Zimmermann, A. Alfonsov, H. Luetkens, H.-H. Klauss, A. Maljuk, S. Wurmehl, B. Büchner, and V. Kataev. // *Physical Review B*. – 2015. – Vol. 91. – P. 144419. - <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.91.144419>. - Imp.F. = 3.2 (SJR). 0,69 п.л. Авторский вклад 0,5.
16. Hidden magnetic order in the triangular-lattice magnet  $\text{Li}_2\text{MnTeO}_6$ . / E. A. Zvereva, G. V. Raganyan, T. M. Vasilchikova, V. B. Nalbandyan, D. A. Gafurov, E. L. Vavilova, K. V. Zakharov, H.-J. Koo, V. Yu. Pomjakushin, A. E. Susloparova, A. I. Kurbakov, A. N. Vasiliev, and M.-H. Whangbo. // *Physical Review B*. – 2020. – Vol. 102. – P. 094433. - <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.102.094433>. - Imp.F. = 3.2 (SJR). 0,75 п.л. Авторский вклад 0,4.

На автореферат поступило 7 дополнительных отзывов, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывался соответствием их научных интересов профилю рассматриваемой диссертации, профессионализмом, высокими достижениями и компетентностью в соответствующей отрасли

науки, а также наличием публикаций, соответствующих тематике диссертации. Указанные оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решены важные научные проблемы, связанные с установлением параметров температурной эволюции динамических и статических спин-коррелированных состояний в низкоразмерных непроводящих оксидах 3d-металлов в зависимости от величины фрустрации обменных взаимодействий, внешнего магнитного поля и в присутствии различного количества и типа дефектов или беспорядка. Результаты исследования вносят существенный вклад в понимание особенностей коррелированного состояния в этом классе соединений и могут рассматриваться как перспективное направление исследований в магнетизме. В частности, выявлены закономерности температурной эволюции двумерных магнетиков при наличии фрустрации взаимодействий и дефектов, впервые экспериментально обнаружены признаки спин-нематической фазы в фрустрированном спин-цепочечном квантовом магнетике при исследовании  $\text{LiCuSbO}_4$ , построена полная фазовая диаграмма «магнитное поле-температура» квази-двумерного сотового магнетика  $\text{Na}_3\text{Co}_2\text{SbO}_6$  и экспериментально показана возможность существования Китаев-Гейзенберговского взаимодействия в соединениях 3d металлов, обнаружено поведение типа перехода Березинского-Костерлица-Таулесса в соединении с «сотовой» магнитной решеткой  $\text{InCu}_{2/3}\text{V}_{1/3}\text{O}_3$ , установлены параметры ионной подвижности лития в зависимости от размерности движения и кристаллической решетки в ряде низкоразмерных соединений. Продемонстрирована эффективность комплексного экспериментального подхода, сочетающего применение локальных и глобальных методов исследования на разных временных шкалах, а также продуктивность

ядерного магнитного резонанса для изучения сложного основного состояния, возбуждений и температурной трансформации спиновой системы в низкоразмерных и фрустрированных соединениях с точечными дефектами. Полученные результаты и выводы могут быть использованы как для верификации теоретических моделей некоторых разделов физики магнитных явлений, так и для разработки новых материалов для спинтроники и современной электроники.

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. Из обобщения данных комбинированных исследований 2D соединений  $\text{InCu}_{2/3}\text{V}_{1/3}\text{O}_3$ ,  $\text{YBaCo}_3\text{AlO}_7$ ,  $\text{Li}_{0,8}\text{Ni}_{0,6}\text{Sb}_{0,4}\text{O}_2$  следует, что комбинация низкоразмерности, фрустрации обменных взаимодействий и/или дефектов структуры приводит к многоэтапной температурной эволюции спин-коррелированных состояний, приводящей к комплексному основному состоянию с дальним порядком или статическим ближним порядком с большой длиной корреляции. Наличие дефектов способствует возникновению при понижении температуры промежуточных двумерных квазистатических состояний или состояний с очень медленной динамикой, характеризующихся ближним магнитным порядком.

2. В фрустрированных спиновых цепочках  $\text{LiCuSbO}_4$  в магнитных полях выше  $H_{c1} \approx 13$  Тл существует широкий полевой диапазон устойчивости спин-нематического жидкостного состояния при температурах ниже  $\approx 30$  К. Это состояние, однозначно идентифицирующееся ЯМР релаксометрией, выступает как предвестник спин-нематической фазы с дальним порядком, наступающим в  $\text{LiCuSbO}_4$  при более низких температурах.

3. В квазидвумерном статическом состоянии сотовых плоскостей  $\text{InCu}_{2/3}\text{V}_{1/3}\text{O}_3$ , образованных спинами меди ( $S=1/2$ ) наблюдаются признаки топологического перехода Березинского-Костерлица-Таулесса.

4. Наличие немагнитных дефектов в халдейновских спиновых цепочках  $\text{NiCl}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3$  и спин-цепочечном соединении  $\text{Li}_3\text{Cu}_2\text{SbO}_6$  с близким к халдейновскому по характеру взаимодействия альтернированным ФМ-АФМ обменом приводит к сосуществованию сегментов с исходным щелевым поведением и областей с температурным поведением парамагнитного типа, которые при определенных условиях индуцируют формирование АФМ-кластеров.

На заседании 16.05.2024 диссертационный совет принял решение присудить Е.Л. Вавиловой ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 20, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель диссертационного совета

МГУ.013.5

Доктор физико-математических наук,  
профессор

Перов Николай Сергеевич

Ученый секретарь диссертационного совета

МГУ.013.5

кандидат физико-математических наук

Шапаева Татьяна Борисовна

16.05.2024