

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук Васильчиковой Татьяны
Михайловны на тему: «Основное состояние низкоразмерных магнитных
систем с большими моментами»
по специальности 1.3.10 – «физика низких температур».

Диссертация **Васильчиковой Татьяны Михайловны** посвящена исследованию и определению основного состояния магнитных свойств антимоната натрия железа $\text{Na}_2\text{FeSbO}_5$, антимоната натрия марганца NaMnSbO_4 , теллуриатах железа и галлия GdFeTeO_6 и GdGaTeO_6 методами электронного спинового резонанса, магнитометрии и удельной теплоемкости. Низкоразмерные сильно коррелированные соединения привлекают внимания исследователей большим разнообразием основных состояний для квазиодномерной или двумерной спиновой структур при наличии фрустрации обменных магнитных взаимодействий. Зачастую экспериментальные исследования именно этих соединений приносят совершенно неожиданные результаты. Такие как высокотемпературная сверхпроводимость, вещества с колоссальным магнитосопротивлением, мультиферроики, необычные фазовые образования в составах с электронным и дырочным допированием, новые свойства веществ с пониженной размерностью, аномалии транспортных и магнитных свойств вблизи границ фазовых переходов, магнитокалорический эффект и т.д. Поиски новых материалов стимулируются потребностями нанoeлектроники и спинтроники.

В связи с этим, проведенные **Васильчиковой Татьяной Михайловной** экспериментальные исследования соединений $\text{Na}_2\text{FeSbO}_5$, NaMnSbO_4 , GdFeTeO_6 и GdGaTeO_6 с магнитными ионами Fe^{3+} и Mn^{2+} со спинами $S = 5/2$, в низкоразмерных структурах с большими спинами и нулевым орбитальным моментом являются **актуальными** как в теоретическом, так и прикладном аспектах.

Структура диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка цитируемой литературы. Общий объем работы составляет 128 страниц, включая 72 рисунка, 5 таблиц и библиографию из 152 наименований.

В **первой** главе приведен короткий обзор структуры и магнитных свойств спиновых цепочек, фрустрированной двумерной квадратной решетки и фрустрированной треугольной решетки, обозначены задачи и цели диссертационной работы.

Во **второй** главе описаны особенности регистрации магнитных свойств, удельной теплоемкости и спектров магнитного резонанса.

Третья глава включает результаты оригинального исследования магнитной восприимчивости на постоянном и переменном токах поликристаллических образцов $\text{Na}_2\text{FeSbO}_5$. Впервые зарегистрированы два низкоразмерных спин-кластерных перехода при температурах $T_{f1} \approx 80$ и $T_{f2} \approx 35$ К, соответственно. Магнитное фазовое расслоение подтверждается наличием трех линий в спектре магнитного резонанса.

В **четвертой** главе приведены результаты изучения двумерного антиферромагнетика - антимоната натрия марганца NaMnSbO_4 , магнитная восприимчивость которого выше температуры Нееля хорошо аппроксимируется в рамках модели двумерной квадратной решетки. Впервые показано, что в антимонате натрия марганца регистрируется «суженная петля» или петля гистерезиса с «осиной талией».

В **пятой** главе рассмотрены особенности магнитной структуры GdFeTeO_6 и GdGaTeO_6 . *Впервые* показано, что удельная теплоемкость GdFeTeO_6 измеренная в нулевом магнитном поле, демонстрирует отчетливую лямбда точку при $T_N = 2.4$ К, в GdGaTeO_6 до 2 К такой аномалии не обнаружено.

На защиту вынесено шесть научных положений. Все выводы диссертации хорошо обоснованы и не вызывают возражений.

Научная новизна и достоверность защищаемых положений

Достоверность полученных данных подтверждается тщательной подготовкой и характеристикой образцов $\text{Na}_2\text{FeSbO}_5$, NaMnSbO_4 , GdFeTeO_6 , GdGaTeO_6 , выполнением калибровочных экспериментов, использованием современного оборудования, согласием с экспериментальными результатами других авторов и непротиворечивостью известным физическим моделям. Впервые установлены основные состояния новых синтезированных соединений $\text{Na}_2\text{FeSbO}_5$, NaMnSbO_4 , GdFeTeO_6 и GdGaTeO_6 , что является несомненной новизной данной работы.

Практическая значимость работы

Показано, что соединение GdFeTeO_6 может использоваться как рабочее тело в технологии охлаждения, основанной на магнитокалорическом эффекте. Изменения магнитной части энтропии составило $-\Delta S_M = 35.3 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$ при $B = 9 \text{ Тл}$, $T = 2 \text{ К}$, относительная мощность охлаждения 580 Дж/кг , а хладопроизводительность 465 Дж/кг .

Развитое в диссертационной работе направление экспериментальных исследований основного состояния низкоразмерных структур с большими спинами $S = 5/2$ позволило получить новые данные о формировании основного состояния при взаимном влиянии магнитного и структурного порядка, фрустрации обменных магнитных взаимодействий, которое будет полезно при изучении новых низкоразмерных структур.

К важнейшим результатам диссертационной работы Т.М. Васильчиковой можно отнести:

1. Определение основного состояния NaMnSbO_4 как скошенный антиферромагнетик с квадратной решеткой ионов марганца Mn^{2+} ($S = 5/2$).
2. Доказательство формирования упорядоченных и неупорядоченных тетраэдрических одномерных спин-цепочечных кластерах FeO_4 в $\text{Na}_2\text{FeSbO}_5$ методом магнитного резонанса.

3. Наблюдение «суженной петли» или петли гистерезиса с «осиной талией» в керамике NaMnSbO_4 , связанной со спинами, выстраиваемых по кругу в слабых магнитных полях.
4. Установление основного антиферромагнитного состояния в виде треугольной решетки спинов ионов железа Fe^{3+} ($S = 5/2$) в GdFeTeO_6 .

Каждый из этих результатов обладает несомненной **научной новизной и является практически значимым.**

Вопросы и замечания:

1. В диссертации встречаются опечатки и неудачно подобранные выражения. Так, автор не указала параметры решетки для соединений GdFeTeO_6 и GdGaTeO_6 ; отсутствуют скобочки в выражении для безразмерного параметра t стр.60; на стр.69 характерный масштаб времени для спиновой динамики τ_0 для второго релаксационного процесса приведено как квадрат и т.д.
2. На стр.72 автор описывает широкий вклад в магнитную часть теплоемкости как аномалию Шоттки от дефектов $\text{Na}_2\text{FeSbO}_5$. Необходимо было учесть, что в магнитном поле для $S=5/2$ наблюдаются расщепление уровней, которое также дает вклад в магнитную теплоемкость.
3. В таблицах 3.1. и 4.1 приведены значения параметров спинового обмена (в кВК) полученные из GGA + U-расчетов для $\text{Na}_2\text{FeSbO}_5$ и NaMnSbO_4 . Для каких вариантов возможной структуры приведены значения в столбцах с различными номерами, не сообщается.

Сделанные выше замечания никак не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. Высокий уровень диссертации подтверждается высоким рейтингом журналов, в которых опубликованы статьи диссертанта. Публикации в научной печати полностью отражают основные результаты работы. В автореферате с достаточной

полнотой изложено основное содержание диссертационной работы.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.10 – «физика низких температур» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель **Васильчикова Татьяна Михайловна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.10 – «физика низких температур».

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук,

Доцент

Ведущий научный сотрудник Лаборатории радиоспектроскопии диэлектриков Казанского физико-технического института им.Е.К.Завойского – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук».

Еремина Рушана Михайловна

подпись

Контактные данные:

тел.: 7(960)0460812, e-mail: REremina@yandex.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

01.04.11 – физика магнитных явлений

Адрес места работы:

420029, (Татарстан) г.Казань, ул Сибирский тракт, д.10/7,
КФТИ ОСП ФИЦ КазНЦ РАН
Тел.: +7 (843) 272 05 03; e-mail: phys-tech@kfti.knc.ru

Подпись Ереминой Р.М. заверяю

Главный ученый секретарь ФИЦ КазНЦ РАН

к.х.н.

Зиганшина С.А.