

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»

Диссертационная работа Васильчиковой Т.М. посвящена экспериментальному исследованию особенностей физических свойств низкоразмерных магнетиков со спином $S = 5/2$. Системы с пониженной размерностью магнитной решетки находятся в центре внимания исследователей в настоящее время. Тесная взаимосвязь магнитных и структурных характеристик этих материалов обуславливает интерес как с точки зрения фундаментальной физики, так и возможных практических приложений. Возможность установления классического дальнего магнитного порядка в низкоразмерных магнетиках ограничена из-за возрастания роли анизотропии и фрустрации. В числе большого количества работ, посвящённых исследованию низкоразмерных магнитных систем доля соединений с большими моментами мала по сравнению с объектами с квантовым спином $S = 1/2$. Таким образом, *актуальность* настоящей работы не вызывает сомнения.

Васильчикова Т.М. впервые провела комплексные исследования магнитных свойств соединений с низкоразмерными структурами, включая зигзагообразную цепочку спинов $S = 5/2$ в $\text{Na}_2\text{FeSbO}_5$, квадратную решетку ионов Mn^{2+} ($S = 5/2$) в NaMnSbO_4 и треугольную организацию ионов Fe^{3+} ($S = 5/2$) и Gd^{3+} ($J = 7/2$) в магнитоактивных слоях в GdFeTeO_6 и GdGaTeO_6 . Полученные результаты позволили установить основное квантовое состояние для каждого из этих новых низкоразмерных магнетиков, что подтверждает *научную новизну* представленной диссертационной работы.

Достоверность и обоснованность результатов, полученных в работе, однозначно определяется их публикацией в зарубежных рецензируемых журналах.

Во введении определена актуальность темы диссертационной работы, описаны цели, научная новизна, теоретическая и практическая значимость проведенных исследований. Также в этом разделе представлена информация об апробации работы, публикациях и личном вкладе Васильчиковой Т.М. в работу.

Литературный обзор, представленный в *первой главе*, разделен на четыре пункта. Дано определение основных низкоразмерных моделей, обоснован выбор гейзенберговского подхода при работе с низкоразмерными системами со спинами $S = 5/2$. Достаточно полно изложены литературные данные по схожим с исследованными в диссертации магнитным структурам. Рассмотрены варианты формирования основного состояния в различных соединениях со спиновыми цепочками. Собраны результаты всех исследованных на сегодняшний день слоистых квазидвумерных металлоксидов с квадратной магнитной решеткой. Обзор квазидвумерных магнетиков с треугольным мотивом магнитной подсистемы представлен на базе соединений со структурой типа розиаита.

Во *второй главе* достаточно подробно описаны экспериментальные методики, используемые автором в своей работе. Можно отметить большой перечень физических методов исследований, что характеризует Васильчикову Т.М. как квалифицированного экспериментатора. Кроме того, в методической главе достаточное внимание уделено различным способам анализа полученных экспериментальных данных.

В следующих трех главах представлены экспериментальные результаты, полученные автором в рамках настоящей работы. Образцы каждого из исследованных соединений проходили полный комплекс экспериментальных исследований, включающий намагниченность, теплоемкость, электронный парамагнитный резонанс в широких интервалах температур и магнитных полей.

Третья глава диссертации посвящена исследованию магнитных свойств квазиодномерного антимоната $\text{Na}_2\text{FeSbO}_5$. Данные намагниченности, теплоемкости и электронного парамагнитного резонанса свидетельствуют об отсутствии дальнего магнитного порядка вплоть до 2 К. В тоже время, сочетание используемых статических и динамических методик позволило автору обнаружить нетривиальный двухступенчатый переход в спин-кластерное состояние в этом соединении. В конце главы автор сопоставляет полученные экспериментальные данные с результатами теоретических расчетов и делает вывод об основном состоянии $\text{Na}_2\text{FeSbO}_5$.

В *четвертой главе* докладываются результаты исследования двумерного слоистого антимоната NaMnSbO_4 . Учитывая существование квадратной спиновой решетки в этом соединении, автор анализирует поведение температурной зависимости магнитной восприимчивости с использованием модели Лайнса. Анализ данных теплоемкости и электронного парамагнитного резонанса однозначно подтверждает пониженную размерность магнитной подсистемы. Суммируя экспериментальные результаты и базируясь на оценках, полученных из теоретических расчетов, автор делает заключение о формировании скошенного антиферромагнитного состояния в NaMnSbO_4 .

Пятая глава диссертационной работы содержит описание результатов исследований термодинамических свойств двух изоструктурных теллуридов GdFeTeO_6 и GdGaTeO_6 с треугольной организацией магнитоактивных слоев. К достоинствам данной главы относится то, что данные, полученные для этих двух соединений, для каждой методики приводятся в сравнении друг с другом. Это позволяет наблюдать эффекты, вызванные заменой магнитного иона Fe^{3+} на немагнитный Ga^{3+} . Дополнительно к стандартному протоколу описания магнитных свойств в этой главе представлены результаты исследований магнитокалорических свойств GdFeTeO_6 . Из анализа данных температурных зависимостей теплоемкости во внешних магнитных полях проведена оценка магнитокалорических свойств, выличины которых позволяют рассматривать

GdFeTeO₆ в качестве перспективного материала для магнитного ожижения криогенных газов.

На защиту вынесено шесть научных положений. Защищаемые положения в полной мере отражают полученные в рамках выполнения работы *научные результаты*.

В качестве замечаний (рекомендаций) к диссертации можно отметить следующие:

1. Одним из основных результатов практической значимости данной работы является исследование магнитокалорического эффекта для теллурата гадолиния железа GdFeTeO₆. Однако в литературном обзоре этому эффекту не уделяется внимания.
2. Для более корректного исследования особенностей на температурной зависимости теплоемкости в Na₂FeSbO₅ было бы полезно использовать данные для немагнитного аналога.
3. Как правило, максимальные величины изменения магнитной энтропии – ΔS_m и адиабатического изменения температуры ΔT_{ad} наблюдаются при одной и той же температуре. В случае же GdFeTeO₆ эти температуры существенно различаются: $-\Delta S_m^{max} \sim 5$ и 7 К, $\Delta T_{ad}^{max} \sim 20$ и 30 К (при изменении магнитного поля на 4 и 9 Тл, соответственно). Возможные причины значительного отличия в температурах $-\Delta S_m^{max}$ и ΔT_{ad}^{max} в работе не обсуждаются.
4. В автореферате рис. 1 обозначен как рис. 3.1. На рис. 13 автореферата (рис. 5.7 диссертации) отсутствует вставка с полевой зависимостью относительной мощности охлаждения RCP. Также в тексте и автореферата, и диссертации присутствуют опечатки и стилистические погрешности (например, в тексте и в подрисуночной подписи к рис. 13 автореферата (рис. 5.7 диссертации) более уместно выражение «изменение магнитной энтропии», а не «скачок магнитной энтропии»).

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 «Многофункциональные магнитные наноматериалы»

Федерального государственного автономного

образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский технологический

университет «МИСиС»

Ховайло Владимир Васильевич

06 декабря 2022 г.

Контактные данные:

тел.: +7(926)3743260, e-mail: khovaylo@misis.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

01.04.11 – физика магнитных явлений

Адрес места работы:

119049, г. Москва, Ленинский проспект, д. 4, стр. 1

НИТУ «МИСиС»

Тел.: +7(926)3743260; e-mail: khovaylo@misis.ru