

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Пирзоды Баходура Гулмахмада на тему «**Исследование физических свойств солитоноподобных волн в анизотропных магнетиках**», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3. - теоретическая физика.

**Актуальность диссертации.** Исследование солитоноподобных волн в магнитных материалах представляет собой актуальную проблему в области физики конденсированного состояния с многочисленными приложениями в современной фундаментальной и прикладной науке от наноэлектроники и квантовых вычислений и до биофизики.

Одним из активно развивающихся направлений современной теории конденсированных сред являются исследования, посвящённые нелинейным возбуждениям в магнитных системах. Солитоны, как устойчивые волновые структуры, сохраняющие свою форму в процессе распространения и взаимодействия, играют ключевую роль в различных областях физики, от оптики и магнитогидродинамики до квантовой теории поля и биологических систем. Изучение этих объектов не только расширяет границы теоретической физики, но и способствует разработке новых технологических приложений, таких как сверхпроводящие устройства для квантовых компьютеров, магнитные жидкости в медицинских технологиях и усовершенствованные системы передачи данных. В контексте технологических приложений солитоноподобные волны уже доказали свою ценность в усилении и управлении световыми сигналами в оптоволоконных коммуникациях, что позволяет значительно увеличить пропускную способность и уменьшить потери данных при передаче на большие расстояния. Кроме того, принципы, лежащие в основе солитонных взаимодействий, находят применение в разработке новых методов медицинской диагностики и терапии, где контролируемые волновые пакеты используются для точечного воздействия на биологические структуры.

Математические модели солитонных структур формулируются в виде нелинейных уравнений Шредингера (НУШ) и их систем, что было показано недавними экспериментальными результатами. Поиск солитонных решений НУШ, представляет огромный интерес не только в спинтронике, но и для описания широкого класса нелинейных явлений физики неконденсированного состояния, плазмы, нелинейной оптики описываются этим же уравнением.

Содержание и цели настоящего исследования соответствуют ключевым положениям Стратегии Республики Таджикистан в области науки, технологий и инноваций и других государственных программ по развитию инновационных технологий.

Текст диссертации состоит из введения, трех глав и основных выводов и изложен на 90 страницах машинописного текста.

**Во введении** обсуждается актуальность проблем, которым посвящена диссертация, сформулирована цель диссертации, научная новизна и результаты, полученные в диссертации.

**В первой главе** дан аналитический обзор теоретических и экспериментальных исследований солитоноподобных волн в анизотропных магнетиках и его применимости на создание новых устройств и технологий в области магнитных материалов и спинтроники

**Во второй главе** на основе сведения уравнения Ландау–Лифшица к нелинейному уравнению Шрёдингера, с применением алгебро-геометрического метода Н.А. Чередника построения его аналитических решений, получены аналитические выражения для вклада спиновых солитонов в динамический структурный фактор, который факторизуется на пространственный форм-фактор, определяемый профилем солитонной структуры, и временную корреляционную функцию, описывающую термическую динамику центра солитона. С их помощью показано, что температура влияет на пространственные параметры солитонной структуры, а при низких температурах движение солитона носит преимущественно баллистический характер, что приводит к гауссовой форме квазиупругого пика и температурному уширению спектральной линии. С помощью разработанной техники с использованием обобщённых когерентных состояний группы  $SU(4)$  проведено исследование легкоосных магнетиков со спином  $S = 3/2$ , квантовое состояние которых описывается в шестимерном пространстве.

**В третьей главе** с помощью разработанных во второй главе методов исследованы эволюция и стабильность одно-, двух- и трехсолитонных решений нелинейного уравнения Шрёдингера с самосогласованными потенциалами. Также был рассчитан вклад солитонных решений в динамический структурный фактор легкоосных ферромагнетиков Гейзенберга.

**Теоретическая значимость и новизна** диссертации состоит в том, что предложенные механизмы, условия и процессы формирования солитоноподобных волн в анизотропных магнетиках могут быть использованы для разработки новых моделей и теорий, описывающих поведение нелинейных возбуждений в сложных магнитных системах.

**Практическая значимость** диссертационной работы состоит в том, что проведённое моделирование динамики солитоноподобных волн и их взаимодействия с внешними полями может быть использовано в спинтронике для создания новых типов электронных устройств, основанных на спиновых волноводах и логических элементах, энергоэффективных и высокоскоростных спинтронных устройств на основе солитоноподобных волн.

#### **Замечания по диссертационной работе:**

1. Список авторских работ в диссертации содержит 8 публикаций, тогда как в автореферате только 7 (не указана работа в журнале «Новости науки»).

2. Описывая рисунки 3.6, 3.9, 3.10, автор использует понятия «четырёхмерный график», «четырёхмерная визуализация», хотя изображает зависимости между тремя величинами (интенсивность =  $|\psi(x,t)|^2$ ). Не объяснена «рябь» на рис. 3.5 и 3.9. В подписи к рисунку 3.18 указано, что представлена анимация, демонстрирующая изменение температурного профиля во времени, но не указаны ни распределение температуры, ни время.

Данные замечания следует рассматривать как пожелание для последующих исследований диссертанта, и они не влияют на общую высокую оценку диссертации.

Диссертантом по материалам диссертации опубликовано 7 работ, 3 из которых в ведущих периодических научных журналах Таджикистана и 4 в сборниках статей и тезисов международных конференций. Автореферат и публикации полностью отражают содержание диссертации.

Диссертация «Исследование физических свойств солитоноподобных волн в анизотропных магнетиках» представляет собой законченную квалификационную работу, полностью соответствующую требованиям п. 9-14, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Положением о присуждении учёных степеней», утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013, а ее автор, Пирзода Баходур Гулмахмад, заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3.- теоретическая физика.

Официальный оппонент:

Ведущий научный сотрудник

Лаборатории информационных технологий им. М.Г. Мещерякова

Объединенного института ядерных исследований,

доктор физико-математических наук,

Гусев Александр Александрович

e-mail: [gooseff@jinr.ru](mailto:gooseff@jinr.ru); тел.: +7 9197777149

 20.04.2026

Подпись Гусева Александра Александровича  
заверяю

Ученый секретарь

Лаборатории информационных технологий

им. М.Г. Мещерякова, ОИЯИ,

ул. Жолио-Кюри 6, г. Дубна, Московская обл., Россия, 141980

e-mail: [lit@jinr.ru](mailto:lit@jinr.ru), тел.: +7 (49621) 6-40-19

 Дереновская О.Ю.

