

КОНФЕРЕНЦИИ И СИМПОЗИУМЫ**Традиционная Международная конференция
по фазовым переходам и связанным с ними
критическим и нелинейным явлениям
в конденсированных средах**

(11 – 14 сентября 2002 г., г. Махачкала, Дагестан, РФ)

И.К. Камиллов, А.К. Муртазаев

В статье дан краткий обзор некоторых научных результатов, представленных на Международной конференции "Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах", проходившей 11–14 сентября 2002 г. в г. Махачкала на базе Института физики Дагестанского научного центра РАН, в рамках которой проводился V Международный семинар "Магнитные фазовые переходы", посвященный памяти К.П. Белова.

PACS numbers: 01.10.Fv, 05.70.Fh, 05.70.Jk, **64.60.**–i

11–14 сентября 2002 г. в Махачкале на базе Института физики Дагестанского научного центра РАН проходила Международная конференция "Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах". В ее рамках проводился V Международный семинар "Магнитные фазовые переходы", посвященный памяти известного магнитолога, профессора К.П. Белова.

Конференция и семинар были организованы Отделением общей физики и астрономии РАН, научной секцией РАН по проблеме "Магнетизм", совместно с Институтом физики ДНЦ РАН и Дагестанского госуниверситета.

Эти научные мероприятия проводились при поддержке Российской академии наук, Министерства промышленности и технологий Российской Федерации и Российского фонда фундаментальных исследований.

На конференцию и семинар было отобрано 145 докладов, из которых приняты в качестве пленарных — 13, устных — 47 и стендовых — 85 докладов из 18 городов России и 12 стран ближнего и дальнего зарубежья. Непосредственно в работе конференции приняло участие более 180 человек. Тематика конференции охватила практически все разделы физики конденсированного состояния, так или иначе связанные с фазовыми переходами (ФП), критическими (КЯ) и нелинейными явлениями. На конференции функционировали секции:

"Магнитные фазовые переходы", "Компьютерное моделирование фазовых переходов и критических явлений", "Критические явления в жидкостях", "Фазовые переходы, хаос и нелинейные явления в конденсированных средах", "Фазовые переходы и критические явления в сегнетоэлектриках, ВТСП и манганитах".

Семинар, посвященный памяти известного ученого-магнитолога, профессора МГУ К.П. Белова проходил 12 сентября. На открытии семинара с воспоминаниями о К.П. Белове выступили Председатель Президиума ДНЦ РАН, член-корреспондент РАН И.К. Камиллов и профессор С.А. Никитин.

Цель конференции состояла в том, чтобы участники конференции ознакомились с последними достижениями, современным состоянием и новыми идеями в области исследования фазовых переходов, критических и нелинейных явлений в конденсированных средах.

Одной из центральных проблем, обсуждаемых на конференции, была проблема динамики магнетиков. Ю.А. Изюмов (Институт физики металлов, Екатеринбург) в своем пленарном докладе дал обзор теоретических и экспериментальных исследований динамики изотропного гейзенберговского ферромагнетика во всем температурном интервале существования ферромагнитного упорядочения за исключением узкой критической области. Автор проследил развитие теории по этапам: линейная теория Блоха, теория взаимодействующих спиновых волн Дайсона, теория среднего поля Тябликова для запаздывающих функций Грина и теория Вакса–Ларкина–Пикина и показал, что в изотропном ферромагнетике имеется удовлетворительное понимание и согласие с экспериментальными данными динамики поперечных компонент спинов. Другое дело дина-

И.К. Камиллов, А.К. Муртазаев. Институт физики ДНЦ РАН
367003 Махачкала, ул. М. Ярагского 94, Российская Федерация
Тел. (8-8722) 62-89-60
E-mail: kamilov@datacom.ru

Статья поступила 16 декабря 2002 г.

мика продольных компонент спина — из-за сильной нелинейности теории, которая должна описывать функции продольных компонент спинов, многие результаты не согласуются друг с другом. Применение для анализа этой проблемы варианта диаграммной техники для спиновых операторов ранее разработанной авторами, привело к тому, что удалось просуммировать бесконечную последовательность петлевых диаграмм (обобщенное приближение хаотических фаз — GRPA) и получить выражение для динамической продольной восприимчивости. Полученный в рамках такого приближения динамический структурный фактор продольных флуктуаций имеет в общем случае трехпиковую структуру. При приближении к точке Кюри интенсивность центрального пика растет и все три максимума могут слиться в одно широкое распределение, центрированное на нулевой частоте. Возможность распределения с тремя пиками или одним широким максимумом в зависимости от температуры и параметров системы может объяснить наблюдаемые в экспериментах противоречивые результаты. Отметим, что развитая теория GRPA справедлива и за пределами гидродинамического приближения.

В динамике магнетиков, по-видимому, наиболее серьезной является проблема динамики вблизи критической точки. Несмотря на значительные усилия, предлагаемые для развития теории критической динамики, здесь практически нет сколько-нибудь значительных новых результатов. Это связано не только с чрезвычайно большими трудностями исследования динамических явлений вблизи критической точки, но и с тем, что даже в статической теории критических явлений имеется целый ряд спорных моментов и вопросов на которые пока нет ответов. А ведь хорошо известно, что все современные теоретические подходы к критической динамике основаны на достижениях статической теории ФП и КЯ.

В докладе А.К. Муртазаева (Институт физики ДНЦ РАН, Махачкала) был дан обзор всех последних достижений современной теории ФП и КЯ. В первой части доклада был дан тщательный анализ статической теории ФП и КЯ; обращено внимание на ряд трудностей, с которыми сталкивается фундаментальная теория ФП и КЯ; приведены примеры нарушения одной из основных положений теории — гипотезы скейлинга, на которой в значительной мере базируется современная теория ФП и КЯ; представлены спорные вопросы, по которым идет оживленная дискуссия; сформулированы вопросы, на которые современные теоретические подходы не дают ответов; обсуждены новейшие теоретические подходы, которым еще предстоит придать вид законченных теорий и проверить на практике. Очевидно, что количество проблем, трудностей и спорных вопросов в теории критической динамики значительно больше.

Здесь на сегодняшний день существует четыре теоретических подхода: так называемая общепринятая теория Ван-Хова, теория взаимодействующих мод, динамический скейлинг, метод ренормализационной группы (РГ). В докладе был представлен анализ этих теорий, их достоинства и недостатки, выполнено сравнение с экспериментальными результатами. Говоря об универсальности в динамике, было отмечено, что динамические классы универсальности значительно уже статических, перечислены параметры, от которых зависит класс универсальности динамического критического поведе-

ния. Особо было обращено внимание на то, что список этих параметров, по-видимому, не исчерпан и может существовать ряд характеристик, которые еще более сужают эти классы универсальности. Автор доклада представил хорошо известную таблицу динамических моделей Хоенберга и Хальперина (P.C. Hohenberg, V.I. Halperin) с численными значениями индекса z , расширенную и дополненную с учетом новейших результатов.

Докладчик убедительно продемонстрировал, что несмотря на отсутствие существенного прогресса в исследовании критической динамики чисто аналитическими методами прорыв в этой области ожидается при использовании методов вычислительной физики. Представленная схема расчета важнейших характеристик критической динамики, основанная на совместном использовании метода Монте-Карло и метода спиновой динамики, проста и надежна. Результаты расчета динамического критического индекса z для моделей Гейзенберга на различных типах решетки весьма убедительны. После апробации метода на хорошо известных моделях, авторами доклада этот подход был использован для расчета динамических критических параметров моделей сложного многоподрешеточного антиферромагнетика Cr_2O_3 . Полученные результаты и схема расчета убедительно свидетельствуют о появлении нового и эффективного метода исследования критической динамики. При этом необходимо отметить, что этот подход применим к моделям практически любой сложности. Думается, что один из немногих недостатков этого метода — пока еще не очень высокая точность — в ближайшее время будет сведен на нет быстрым прогрессом в росте вычислительных мощностей современных компьютеров. Все это дает возможность предполагать, что вычислительные методы исследования критической динамики в ближайшее время станут основными и, вероятно, обеспечат существенный прогресс в этой области.

Вопросы взаимосвязи динамики магнитных и структурных фазовых переходов были рассмотрены в обстоятельном докладе Н.К. Данышина (Физико-технический институт НАН Украины, г. Донецк). Спектры колебаний магнитоупорядоченных кристаллов к настоящему времени хорошо изучены. Основное внимание при этом уделяется окрестности ориентационных магнитных фазовых переходов. В точках таких переходов обращается в нуль энергия магнитной анизотропии, в результате чего магнетик становится практически изотропным. Только при таких условиях, когда убирается энергетический фон магнитной анизотропии, удается экспериментально обнаружить и идентифицировать тонкие эффекты динамического взаимодействия различных колебательных подсистем магнетика: упругой, спиновой, электромагнитной. Объектом экспериментального исследования магнетика в условиях реализации в нем ориентационного фазового перехода является частотная щель в спектре однородных спиновых волн, а также аномалии скорости и затухания звука.

Теоретическое описание связанных колебаний осуществляется путем совместного решения системы трех уравнений: упругости, движения магнитного момента и полных уравнений Максвелла. Выполненные исследования показали, что величина энергетической щели в спектре мягкой магниторезонансной моды является суммой аддитивных вкладов от различных связанных

колебаний, а уменьшение скорости и аномалии затухания звука отражают динамическое взаимодействие упругой подсистемы с другими колебательными подсистемами магнетика. Эти представления о формировании динамики спонтанных ориентационных переходов в магнитоупорядоченных кристаллах перенесены на объекты, не имеющие системы упорядоченных спинов, но в которых реализуются спонтанные структурные переходы типа "порядок – порядок".

Значительный интерес вызвал доклад А.И. Соколова (СПбГЭУ "ЛЭТИ", Санкт-Петербург), в котором исследованы киральные переходы в магнетиках с планарным и векторным упорядочением и "плавающей" фиксированной точкой (фокусом). Литературные данные о критическом поведении N -векторной киральной модели остаются весьма противоречивыми, хотя эта модель чрезвычайно интересна с точки зрения изучения фазовых переходов в геликоидальных магнетиках, в антиферромагнетиках с треугольной решеткой и в ряде других систем. В связи с этим авторами доклада была высказана идея, что такая противоречивая ситуация вызвана существованием необычайной моды в критическом поведении N -векторной киральной модели при физических важных значениях $N = 2$ и $N = 3$. Для проверки этого предположения анализировалось критическое поведение 2D и 3D киральных моделей в пяти- и шестипетлевых РГ приближениях при фиксированной размерности пространства и определялась структура РГ траекторий для $N = 2$ и $N = 3$ случаев. В ходе исследования была использована новая техника пересуммирования рядов, которая оказалась эффективна даже вблизи границ фазового пространства, где обычные РГ траектории расходятся и ряды теряют их суммируемость по Борелю. Показано, что критическое поведение киральных моделей с планарным и векторным упорядочением описывается стабильной фиксированной точкой, которая представляет собой аттрактор в виде фокуса спиральных РГ траекторий. Если подходить к фиксированной точке можно монотонным образом, вблизи критической точки можно обнаружить кроссоверные переходы с одной траектории на другую, которые и дают сильный разброс критических параметров, наблюдаемых в многочисленных лабораторных и компьютерных экспериментах. Дополнительные расчеты с использованием техники суммирования Паде – Бореля – Лероя подтвердили правильность выводов относительно типа фиксированной точки.

Традиционно на этих конференциях интересные доклады представляет Институт радиотехники и электроники РАН (ИРЭ РАН, Москва). В докладах В.В. Коледова были представлены результаты исследования недавно обнаруженных сплавов, обладающих как термоупругими эффектами памяти, так и ферромагнетизмом. Среди них наибольший интерес вызывают интерметаллические соединения на основе сплава Гейслера — Ni_2MnGa . В этих сплавах воздействие магнитного поля может вызывать термоупругое мартенситное превращение и индуцировать эффект памяти формы при постоянной температуре. Магнитоиндуцированные деформации образцов при этом могут составлять 1–10% ("колоссальная магнитострикция"). В докладе были представлены результаты исследования зависимости деформация – нагрузка при различных температурах и различных значениях внешнего магнитного поля. Были

продемонстрированы эффекты односторонней магнито-механической памяти, эффект "колоссальной магнитострикции" под нагрузкой и эффект магнитоуправляемой двусторонней памяти формы, не требующей внешней нагрузки. Предложена теория "колоссальных" магнито-механических эффектов на основе термодинамической теории фазовых переходов Ландау с учетом модели перестройки двойниковой структуры.

Область несоразмерного фазового перехода в сегнетоэлектриках продолжает вызывать повышенный интерес. Особое внимание уделяется критическим свойствам сегнетоэлектрических материалов при переходе через точку фазового перехода симметричная – несоразмерная фаза. Тем не менее высокоточные экспериментальные исследования теплоемкости в этой области выполнены лишь для очень ограниченного числа сегнетоэлектриков. В докладе С.Н. Каллаева (Институт физики ДНЦ РАН, Махачкала) были представлены результаты экспериментального исследования теплоемкости сегнетоэлектрика $\text{SC}(\text{NH}_2)_2$ методом ас-калориметрии. Значение критического индекса α , рассчитанное по этим данным, качественно согласуется с теоретическим значением, полученным для XY-модели, а также с результатами некоторых работ, где значение α определялось косвенными методами.

Об эффектах влияния давления на магнитные, магнитоупорядоченные и магнитотепловые свойства редкоземельных металлов (РЗМ), их сплавов и соединений в области магнитных фазовых переходов говорилось в докладе С.А. Никитина (МГУ, Москва). Из экспериментальных данных определена объемная магнитострикция и вклады в эффект изменения намагниченности с давлением ($\Delta\delta$ -эффект). Показано, что этот эффект связан с изменением под давлением намагниченности насыщения, магнитной анизотропии и обменных взаимодействий. Изучена трансформация магнитных фазовых переходов под влиянием магнитного поля и давления. Весьма интересными представляются результаты исследования зависимости модуля Юнга в РЗМ от намагниченности в области магнитных фазовых переходов. На основе этих данных показано, что аномалии модуля Юнга в области температур магнитного фазового перехода и его зависимость от намагниченности могут быть интерпретированы в рамках подхода, основанного на теории фазовых переходов второго ряда, а также, что анизотропные одноионные вклады в индуцированные полем магнитострикции сравнимы по величине с изотропными обменными вкладами. Установлено, что величина смещения магнитных ФП имеет вклады, обусловленные зависимостью как обменных, так магнитокристаллических взаимодействий от межатомных расстояний.

Нелинейные явления в конденсированных средах — одна из основных тематик этой конференции. Среди сообщений, касающихся этой тематики, большой интерес у слушателей вызвал доклад А.Б. Борисова (Институт физики металлов, Екатеринбург) о структуре и свойствах спиральных вихрей в ферромагнетиках. В настоящее время твердо установлено, что в тонких магнитных пленках с сильной перпендикулярной анизотропией типа "легкая ось" при определенных условиях происходит самоорганизация распределения вектора намагниченности. Под действием гармонического или монополярного импульсного магнитного поля из лаби-

ринтной доменной структуры формируются ведущие центры — структуры типа мишеней, спиральные домены и доменные структуры с высокой степенью трансляционной и ориентационной упорядоченности.

Статическая устойчивость и существенная нелинейность являются характерными особенностями таких магнитных структур, кроме того, они обладают достаточно большими временами жизни. Это позволяет рассматривать магнитные структуры типа мишеней и спиральные домены как магнитные дефекты, возбуждаемые накачкой энергии в магнитоупорядоченные среды и релаксирующие к термодинамическому равновесию за достаточно длительные времена. Докладчик продемонстрировал, что структуры типа спиральных вихрей в 2D-ферромагнетике формируются уже обменным взаимодействием. Автором найден широкий класс новых точных решений соответствующих уравнений, исследована структура и взаимодействие спиральных вихрей и на качественном уровне проанализировано влияние остальных взаимодействий на структуру спирального вихря.

В Институте физики ДНЦ РАН продолжают интенсивные исследования нелинейных явлений и хаоса в полупроводниковых системах. В докладе К.М. Алиева (Институт физики ДНЦ РАН, Махачкала) были представлены результаты экспериментальных исследований образцов p -Ge(Au), полученные в специально подобранных областях параметрического пространства при инжекции носителей с контактов и одновременном освещении $p^+ - n - p^+$ образцов длиной $l = 1 - 3$ мм. В докладе был представлен обширный экспериментальный материал, на основе которого показано существование в системе трех режимов функционирования в пространстве параметров. Обнаружено наличие на вольт-амперной характеристике второго участка с S-переключением, который, по предположению авторов, связан с шумоиндуцированным неравновесным фазовым переходом. Предложены физические механизмы, объясняющие полученные результаты, проведено их количественное сравнение с одномерной теоретической моделью.

Как правило, на этих конференциях значительное место занимают доклады, в которых обсуждаются различные аспекты исследования теплофизических и критических свойств жидкостей. Среди интересных докладов, в которых были представлены оригинальные результаты, можно отметить доклады: Г.В. Степанова, С.М. Расулова, Г.М. Атаева (все — Институт физики

ДНЦ РАН, Махачкала); Е.Г. Рудникова (Киевский национальный университет, Киев, Украина); Г.Г. Петрик (Институт проблем геотермии ДНЦ РАН, Махачкала); Р.А. Гафиатулина (Башкирский государственный университет, Уфа) и ряд других. В целом, по исследованию ФП и КЯ в жидкостях можно отметить, что на нынешнем этапе идут тщательные исследования по сбору, накоплению и обработке экспериментальных данных для простых и комплексных жидкостей.

Эти конференции характеризуются традиционно активным участием большого количества молодежи. Среди молодых докладчиков отметим интересные доклады К.Ш. Хизриева, М.А. Магомедова, М.Ш. Рамазанова, А.С. Ковалева (все представители Института физики ДНЦ РАН, Махачкала), И.Ю. Ламакиной (Башкирский госуниверситет, Уфа), М.А. Борича (Институт физики металлов, Екатеринбург) и др. Доклады, представленные молодыми авторами, свидетельствуют не только об их достаточно высоком уровне, но и о том, что приток талантливой молодежи в науку не прекратился (по крайней мере на периферии). Условия работы конференции и ее атмосфера были организованы таким образом, что молодежь имела возможность тесного общения с известными учеными. Это способствует повышению интереса молодых к науке и обогащает их новыми идеями.

Этот небольшой обзор отдельных докладов, сделанных на конференции и семинарах, характеризует основную тематику и проблемы, обсуждавшиеся на этих научных мероприятиях.

Анализ результатов, доложенных на конференции и семинаре, свидетельствует о том, что несмотря на тяжелое финансовое положение фундаментальной науки некоторые разделы физики фазовых переходов и критических явлений интенсивно развиваются. Практически по всем разделам имеются результаты, соответствующие мировому уровню. Приток молодежи в науку не прекратился.

Оргкомитет конференции предложил интересную культурную программу с поездкой в сулакский каньон, включающий экскурсию на уникальное гидротехническое сооружение — "Чиркейскую" ГЭС. Часть участников конференции побывала и в высокогорном Гунибе.

Запланированная программа конференции и семинара выполнена полностью.

Traditional International conference on phase transitions and related critical and nonlinear phenomena in condensed media (11 – 14 September 2002, Makhachkala, Dagestan, Russian Federation)

I.K. Kamilov, A.K. Murtazaev

*DSC Institute of Physics, Russian Academy of Sciences,
ul. M. Yaragskogo 94, 367003 Makhachkala, Russian Federation
Tel. (8-8722) 62-89 60
E-mail: kamilov@datacom.ru*

A brief review is given of some of the developments presented at the International conference 'Phase transitions and related critical and nonlinear phenomena in condensed media,' which was held in Makhachkala under the auspices of the Institute of Physics of the RAS Dagestan Science Centre on September 11 – 14, 2002, and which included the 5th International seminar 'Magnetic phase transitions' dedicated to the memory of K.P. Belov.

PACS numbers: 01.10.Fv, 05.70.Fh, 05.70.Jk, **64.60.** – i

Received 16 December 2002