

КОНФЕРЕНЦИИ И СИМПОЗИУМЫ**Фазовые переходы и критические явления
в конденсированных средах**

III Международный семинар "Магнитные фазовые переходы",
посвященный памяти академика А.С. Боровика-Романова
(8–11 сентября 1998 г.)

PACS numbers: 05.70.Fn, 75.10.-b, 75.40.-s, 75.90.+w

8–11 сентября 1998 г. в Махачкале на базе Института физики ДНЦ РАН проходила Международная конференция "Фазовые переходы и критические явления в конденсированных средах" и в ее рамках III Международный семинар "Магнитные фазовые переходы", посвященный памяти академика А.С. Боровика-Романова.

Предыдущие два всесоюзных семинара по магнитным фазовым переходам и критическим явлениям также проводились в Махачкале в 1984 и 1989 годах.

Нынешние конференция и семинар были организованы Отделением общей физики и астрономии РАН, научным советом РАН по проблеме "Магнетизм" совместно с Институтом физики ДНЦ РАН и Дагестанским государственным университетом.

Конференция и семинар проводились при поддержке Министерства науки и технологий Российской Федерации и Российского фонда фундаментальных исследований. В их работе приняло участие более 100 человек из 4-х стран ближнего и дальнего зарубежья. Было заслушано 15 пленарных, 30 устных и 71 стендовых докладов.

Тематика конференции охватывала практически все разделы физики конденсированных сред, так или иначе связанных с фазовыми переходами и критическими явлениями. На конференции функционировали секции: магнитные критические явления; критические явления в сегнетоэлектриках; критические явления и фазовые переходы в ВТСП и электронных полупроводниках; критические явления в жидкостях; компьютерное моделирование фазовых переходов критических явлений; неравновесные фазовые переходы и хаос в конденсированных средах; релаксационные явления в области фазовых переходов.

Цель конференции состояла в том, чтобы ознакомить участников с основными идеями, современным состоянием в исследованиях фазовых переходов и критических явлений во всех областях физики конденсированного состояния и последними достижениями в них.

В первый день работы конференции был проведен съезд дагестанских физиков. На этом съезде было организовано Дагестанское отделение Российского физического общества, председателем которого был

избран директор Института физики ДНЦ РАН, член-корреспондент РАН И.К. Камиллов.

Центральное место в работе конференции и семинара занимала проблема магнитных фазовых переходов и критических явлений. Значительные успехи достигнуты в этом направлении благодаря использованию идей, заложенных в гипотезе скейлинга, универсальности и теории ренормализационной группы. Тем не менее единой, строгой и последовательной микроскопической теории непрерывных фазовых переходов на сегодняшний день все еще не существует. Значительная часть теоретических результатов, полученных в последние годы в этой области, основана на использовании методов ренормализационной группы. Если в статических критических явлениях экспериментальные и теоретические данные хорошо согласуются друг с другом и существует достаточно глубокое понимание явлений, то этого нельзя сказать о динамических критических явлениях: здесь и теоретические, и экспериментальные методы сталкиваются со значительными трудностями.

Обзор современного состояния исследований динамических критических явлений в магнитоупорядоченных кристаллах ультразвуковыми методами был представлен в докладе Х.К. Алиева (Институт физики ДНЦ РАН, Даггосуниверситет, Махачкала). Были изложены результаты экспериментального изучения критических явлений в диэлектрических (ферриты со структурой шпинели и граната) и металлических (гадолиний) материалах. Исследования влияния однородного внешнего магнитного поля на распространение ультразвуковых волн в области критической температуры гадолиния позволили обнаружить магнитолевой аналог релаксационного механизма Ландау–Халатникова в парамагнитной фазе. Выполнено его обоснование на основе динамического скейлинга. Исследования влияния дипольных сил на распространение ультразвуковых волн вблизи точки Кюри гадолиния позволили установить дипольный характер критической динамики (нормальная дипольная динамика). Определены критические индексы скорости распространения и поглощения ульт-

развука, времени релаксации и динамический критический индекс z .

Большое внимание привлек доклад В.Г. Шаврова (Институт радиотехники и электроники РАН, Москва) с демонстрацией эффекта памяти формы. В этом докладе были обобщены результаты теоретических и экспериментальных исследований магнитных и структурных фазовых переходов в ферромагнитных соединениях с памятью формы. Обсуждался вопрос о возможности магнитного фазового перехода первого рода типа порядок–беспорядок и дана оценка влияния магнитного поля и давления на температуру структурного (мартенситного) фазового перехода.

Доклад В.В. Коледова (Институт радиотехники и электроники РАН, Москва) касался исследований влияния магнитного поля на формирование структурных доменов в ферромагнетике с памятью формы нестехиометрического состава $\text{Ni}_{2,19}\text{Mn}_{0,81}\text{Ga}$. Были доложены также результаты исследования влияния магнитного поля на кинетику мартенситного перехода.

В последние годы центр тяжести теоретических исследований фазовых переходов и критических явлений сместился в сторону изучения более сложных и реалистичных систем. Исследования такого рода требуют учета в гамильтонианах многочисленных усложняющих факторов, неучитываемых в моделях первого приближения. Среди таких факторов в первую очередь отметим анизотропию и примеси, наличие многоспиновых и дипольных взаимодействий, необходимость учета колебаний решетки и ряд других.

Такие системы в настоящее время успешно исследуются методом Монте-Карло. Критические параметры, рассчитанные для простых решеточных моделей методом Монте-Карло, на сегодняшний день не уступают по точности лучшим результатам, полученным с помощью других методов. К тому же метод Монте-Карло строго математически обоснован и не содержит недоказанных положений, характерных для других теоретических методов. Обо всем этом говорилось в докладе А.К. Муртазаева (Институт физики ДНЦ РАН, Махачкала). В этом же докладе были представлены результаты, полученные при исследовании моделей сложных реальных магнитных материалов методом Монте-Карло. Рассчитаны все основные статистические критические индексы. На основе результатов, полученных при исследовании модели антиферромагнетика Cr_2O_3 , показано, что, хотя значения критических индексов, рассчитанных на основе теории конечно-размерного скейлинга, лучше согласуются с теоретическими и экспериментальными результатами, анализ этих же данных аппроксимацией традиционными степенными функциями позволяет получить обширную дополнительную информацию. В докладе было отмечено, что для составления наиболее полной картины критического поведения сложных моделей необходим анализ результатов Монте-Карло моделирования обоими способами. Все данные Монте-Карло исследований сопоставлены как с теоретическими предсказаниями, так и с данными лабораторных экспериментов. Учитывая темпы развития вычислительной техники и серьезные трудности, с которыми сталкиваются теоретические подходы при исследовании сложных систем, можно ожидать, что в скором времени методы вычислительной физики станут одними из самых мощных, важных и перспективных методов изуче-

ния такого рода систем, что и было отмечено в ходе обсуждения.

Вопросы, связанные с влиянием магнитоупругих взаимодействий на магнитные фазовые переходы, обсуждались в докладе Л.Н. Котова (Сыктывкарский госуниверситет, Сыктывкар).

Из чисто теоретических аспектов исследований фазовых переходов и критических явлений следует отметить результаты, представленные в докладе А.И. Соколова (Электротехнический университет, Санкт-Петербург), где на основе ренормгруппового подхода рассчитаны эффективные константы связей высокого порядка для моделей Изинга и Гейзенберга.

Среди докладов, касающихся критических явлений и фазовых переходов в ВТСП, живой интерес и дискуссию вызвал доклад И.К. Камилова (Институт физики ДНЦ РАН, Махачкала) "Конвективная теплопроводность Гинзбурга в сверхпроводниках". Рассказав о физической идее, заложенной в основу появления конвективной теплопередачи в сверхпроводниках, впервые выдвинутой академиком В.Л. Гинзбургом еще полвека назад, докладчик отметил, что надежного экспериментального подтверждения это явление пока не получило, хотя и были обнаружены мелкомасштабные аномалии в теплопроводности ВТСП, которые можно трактовать как проявление конвективного механизма теплопередачи. Основные трудности при этом связаны с малостью самого эффекта и невысокой точностью измерения теплопроводности, присущей стандартной технике. Более того, оказалось, что первоначальная теоретическая оценка относительной доли конвективной теплопроводности завышена. Тем не менее есть понимание необходимости продолжения исследований в этом направлении, в том числе путем измерения в магнитном поле, так как в ВТСП конвективная теплопроводность может значительно превосходить теоретические оценки. В Институте физики ДНЦ РАН такие работы продолжаются, для чего используется и современный усовершенствованный метод определения теплопроводности (метод а.с.-калориметрии), позволяющий провести прецизионные измерения при малых перепадах температур на образце (~ 10 мК), что значительно увеличивает шансы обнаружить это явление.

На конференции были широко представлены результаты исследований критических явлений в жидкостях. Значительный интерес участников конференции вызвали доклады Е.Т. Шиманской (Университет им. Т. Шевченко, Киев) и Э.В. Матизена (Институт неорганической химии СО РАН, Новосибирск), в которых была отражена актуальность экспериментальных исследований жидких систем для дальнейшего развития теории фазовых переходов и критических явлений. Приведены новые результаты исследования асимптотического поведения параметров порядка альтернативного фреона и двойных газовых смесей в широкой окрестности критической точки и критической линии парообразования, определены области скейлингового поведения теплофизических зависимостей и кроссоверные температуры перехода.

Доклад Г.В. Степанова (Институт физики ДНЦ РАН, Махачкала) был посвящен обзору теплофизических исследований жидкостей, проводимых в Институте физики ДНЦ РАН. Было отмечено, что в настоящее время проводятся комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования свойств (изохор-

ная теплоемкость, pVT -свойства, вязкость, теплопроводность, поверхностное натяжение, визуальные исследования критических явлений) сложных термодинамических систем в широкой области параметров состояния, включая критическую. Здесь же были представлены результаты исследований однокомпонентных жидкостей (вода, диоксид углерода, спирты, N -алканы), а также бинарных (N -пентан– N -гептан, N -гексан–вода) и тройных (N -гексан–вода– N -пропанол и N -декан–диоксид углерода–вода) расслаивающихся систем. Обсуждены обобщающие зависимости теплофизических свойств от числа углеродных атомов гомологических рядов и действия специфических межмолекулярных взаимодействий (водородной связи). Эти исследования проводятся при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

С интересом был встречен доклад С.М. Расулова (Институт физики ДНЦ РАН, Махачкала), в котором говорилось о новой методике одновременного исследования на одной экспериментальной установке вязкости и pVT -свойств. Обсуждены полученные результаты для системы вода– N -гексан, N -пентана, N -гептана и их смесей. Определены избыточная вязкость вблизи критических точек, критические амплитуды и показатели.

Среди нерешенных проблем, касающихся критических явлений в жидкостях, отмечалась необходимость определения области, в которой справедливо классическое уравнение и нахождение переходной (кроссоверной) области от сингулярного неклассического критического поведения к классическому ван-дер-ваальсовскому в сложных термодинамических системах.

Итоги обсуждения докладов по исследованию критических явлений в жидкостях показывают, что в настоящее время интенсивно проводятся исследования критических явлений высшего порядка (высшая конечная критическая точка, двойная критическая точка, трикритическая точка) в сложных жидких системах, изучается влияние индивидуальных характеристик компонентов жидких систем на выбор параметра порядка и уравнения кривых фазовых равновесий вблизи критических точек. Прикладные аспекты исследований, проводимых в Институте физики ДНЦ РАН, исследований критических явлений в жидких углеводородных системах были представлены в докладе В.А. Мирской (соавторы А.Н. Степанов, ДОО "ВолгоградНИПИ-нефть, Волгоград и И.К. Карпов, Институт геохимии СО РАН), посвященном моделированию критических явлений в бассейнах и диагностике критических условий в нефтях переходного состояния. Отмечалось, что разработка теоретически обоснованных достоверных методов прогноза и диагностики фазогенетических типов углеводородных скоплений и зон распространения критических углеводородных систем является одной из центральных проблем современной геохимии нефти и газа.

Изучение эволюционной динамики термодинамических параметров позволило эмпирически установить основные закономерности их влияния на критические свойства пластовых флюидов и их соотношение с термобарическими условиями и др. Это дало возможность указать первую и надежную классификацию типов равновесий, прогнозировать развитие процессов расслоения фаз, азеотропизма и других процессов, происходящих в околокритической и надкритической областях в природных нефтегазовых системах.

Интересные результаты были представлены в докладах, где исследовались критические явления и кооперативные самоорганизующиеся процессы в полупроводниковых материалах.

Полупроводниковый кристалл представляет собой сложную динамическую систему, в которой наблюдаются электрические неустойчивости, такие, как срыв тока, переключение между проводящим и непроводящим состояниями, или спонтанные колебания тока, или напряжения. Подобные явления возникают под воздействием сильного электрического поля, освещения или инъекции и полупроводник переходит в состояние, далекое от термодинамического равновесия, где проявляется спонтанное образование пространственных и временных структур — кооперативных самоорганизующихся процессов, которые аналогичны фазовым переходам.

Значительный интерес к этим явлениям с точки зрения неравновесных переходов связан с тем, что эти явления лежат в основе работы ряда важных полупроводниковых приборов, а сами полупроводники представляют собой наиболее подходящие модельные системы для изучения сложной нелинейной динамики, турбулентности и процессов самоорганизации с более высоким пространственным и временным разрешением по сравнению с другими (например, гидродинамическими) системами. До недавнего времени большинство исследований в этой области проводилось в полупроводниках с одним типом носителей и при воздействии лишь одного внешнего параметра. В докладе К.М. Алиева (Институт физики ДНЦ РАН, Махачкала) были представлены результаты с двумя типами носителей (электрон–дырка, электрон–фонон, дырка–фонон) в электронно-дырочной плазме или пьезополупроводниках в двухпараметрическом пространстве (электрическое и магнитное поля, электрическое поле и освещенность, электрическое поле и температура), что и определило новизну и актуальность этих исследований.

На конференции был заслушан доклад авторов и В.З. Жохова (Институт физики ДНЦ РАН, Махачкала) "Фазовый переход порядок–хаос–порядок в условиях звуковой неустойчивости в кристаллах теллура". Отмечено, что в условиях сверхзвукового дрейфа носителей тока в теллуре обнаружены переходы типа порядок–хаос–порядок, проявляющиеся с ростом электрического и магнитного полей в последовательном превращении простых периодических колебаний тока через бифуркации удвоения частоты в хаотические. В зависимости от параметров и размеров образцов теллура временной период резко меняется: хаотические колебания тока переходят в регулярные, почти периодические. Полученные экспериментальные данные и предложенный теоретический механизм развития динамического хаоса в электронных системах являются актуальными, внося свой вклад в дальнейшее развитие нелинейной акустоэлектроники. Представленная система с сильным акустоэлектронным взаимодействием в электрических и магнитных полях может быть использована для создания управляемых акустоэлектронных приборов нового поколения, например стохастических генераторов и стабилизаторов тока.

Был заслушан и доклад А.А. Степуренко (Институт физики ДНЦ РАН, Махачкала) "Автосолитоны в $InSb$ в магнитном поле".

Автосолитоны (АС) представляют собой локализованные области повышенной температуры с резким градиентом порядка $3,5 \times 10^5$ град см^{-1} . В продольном магнитном поле вследствие эффекта Нернста–Эттингсгаузена в области АС появляется нечетная поперечная разность потенциалов, поле которого смещает движущийся АС в более плотную и горячую область электронно-дырочной плазмы или в область меньшей плотности и температуры в зависимости от направления магнитного поля. В связи с этим изменение соотношения величин подвижностей и температур электронов и дырок приводит к изменению фазовой скорости движения АС, а следовательно, и частоты колебаний тока в образце.

Экспериментальные исследования движущихся АС в антимониде индия (InSb) показали, что продольное магнитное поле сравнительно небольшой величины ($\sim 10^4$ А м^{-1}) вызывает значительное изменение скорости движения АС в образцах и приводит к заметному перераспределению электрического поля этих АС. Экспериментальные исследования поведения диссипативной структуры (ДС), в частности АС в InSb в магнитном поле, проведены впервые. Актуальными являются экспериментальные исследования поведения продольных АС в магнитном поле. Было отмечено, что желательно сравнить результаты экспериментов с теоретическими исследованиями поведения ДС в магнитном поле, но таких экспериментов все еще нет.

Отдельно следует отметить доклад А.М. Асхабова (Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар), который предложил концепцию самоорганизации вещества, предусматривающую возникновение и устойчивое существование промежуточных между упорядоченным и неупорядоченным состоянием атомных образований в виде наноразмерных кватаронов (термин, используемый автором доклада для обозначения кластеров "скрытой" переходной фазы), представляет интерес для интерпре-

тации широкого круга критических явлений, связанных с фазовыми переходами в конденсированных средах, а также для управляемого синтеза пленочных и объемных кластерных материалов — кватаритов (термин автора доклада).

Отличительной чертой этой конференции было то, что в ее работе принимало участие большое количество молодых исследователей, в основном, аспиранты (ИФ ДНЦ РАН, Башкирский госуниверситет, Дагестанский госуниверситет, Дагестанский госпедуниверситет и др.). Среди них можно отметить интересные доклады К.Ш. Хизриева (Институт физики ДНЦ РАН, Махачкала), А.Р. Мухутдиновой (Башкирский госуниверситет, Уфа), А.А. Аливердиева (Институт физики ДНЦ РАН, Махачкала), С.А. Еремина (Дагестанский госуниверситет, Махачкала) и другие. Участие в таких международных форумах — хорошая научная школа, позволяющая молодым ученым знакомиться с последними достижениями и результатами исследований по теме конференции.

Оценивая результаты конференции и семинара, заметим, что несмотря на целый ряд причин, по которым не все желающие смогли принять участие в работе этих форумов, они удались. Анализ доложенных результатов свидетельствует о том, что, вопреки тяжелому финансовому положению фундаментальной науки, ряд разделов физики фазовых переходов и критических явлений в конденсированных средах активно развивается. Практически по всем разделам программ конференции и семинара имеются результаты, соответствующие мировому уровню. Отрадно отметить, что приток молодежи в науку не прекратился и работа ведется на достаточно высоком научном уровне.

Намеченная программа конференции и семинара была выполнена полностью.

И.К. Камилов, А.К. Муртазаев