

## Рубежи нелинейной физики-2016

**17 – 23 июля 2016 года на борту теплохода «Нижний Новгород», совершавшем круиз по маршруту Нижний Новгород – Санкт-Петербург, прошла VI международная конференция «Frontiers of Nonlinear Physics» («Рубежи нелинейной физики»), организованная Институтом прикладной физики РАН.**

Конференция проводится регулярно раз в три года на протяжении последних 15 лет и за это время приобрела широкую известность среди российских и зарубежных ученых. С самого начала конференция задумывалась как междисциплинарная, что стало в итоге ее отличительной, «фирменной» чертой. Основной целью конференции традиционно является объединение ученых, изучающих нелинейные явления различной физической природы, для обсуждения последних достижений и перспективных направлений развития современной физики. Такому взаимодействию во многом способствует проведение конференции в рамках теплоходного круиза, что открывает широкие возможности для неформального общения и интенсивного обсуждения представленных результатов не только во время научных заседаний, но и после их окончания. К тому же такой формат конференции позволяет совместить насыщенную научную программу с экскурсиями, организованными по маршруту следования теплохода. Маршрут этого года, проходивший вверх по реке Волге, через Онежское и Ладожское озеро и далее по реке Неве до Санкт-Петербурга, позволил участникам ознакомиться с поразительной природой русского севера, такими жемчужинами России как Кижи и Валаам, старинными русскими городами.

За годы проведения конференция «Рубежи нелинейной физики» стала представительным научным форумом, в котором традиционно участвуют ведущие ученые из различных стран мира. В работе конференции 2016 года приняли участие президент Российской академии наук Е.В. Фортков, вице-президент РАН Л.М. Зеленый, действительные члены РАН Г.С. Голицын, В.Е. Захаров, А.Г. Литвак, иностранный член РАН Ж. Муру; член-корреспонденты РАН В.В. Кочаровский, Е.А. Кузнецов, Е.А. Мареев, Н.Н. Розанов, А.М. Сергеев, Е.А. Хазанов, Е.М. Чуразов, Б.М. Шустов; руководители проектов по мегагрантам Правительства РФ К. Уеда (Япония), Ж. Фукс (Франция), В. Раков (США). В общей сложности в конференции участвовало 164 ученых из 20 стран мира с практически равным количеством российских и иностранных участников. Было сделано 175 докладов, 26 из которых представляли собой пленарные лекции, затронувшие широчайший круг вопросов современной физики. Большое количество таких лекций является одной из традиций конференции и дает участникам уникальный шанс «из первых рук» ознакомиться с результатами исследований, ведущихся действительно на передовых рубежах современной науки.

На конференции работали 6 тематических секций по следующим направлениям: основные проблемы нелинейной динамики и нелинейные волновые явления; нелинейная оптика и физика сверхсильных световых полей; нелинейные проблемы в астрофизике и геофизике; нелинейные процессы и турбулентность в жидкостях и плазме; нелинейные процессы в квантовых системах и квантовая оптика; новые тенденции в науке о материалах. Обсуждению отдельных актуальных вопросов в соответствующих областях науки были посвящены 4 мини-симпозиума. Кроме того, во время конференции прошло рабочее совещание «Новые применения экзаваттного лазерного излучения», проведенное в рамках совместной программы России и Европейского сообщества «CREMLIN».

В докладах, представленных на базовой секции конференции «Общие вопросы нелинейной динамики и нелинейных волновых явлений» акцент был сделан на вопросах современной теории нелинейных колебаний и волн, математическом анализе нелинейных явлений, а также на исследовании нелинейных процессов и турбулентности в жидкостях и плазме. Так в пленарном докладе академика В.Е. Захарова (ФИАН, Москва и University of Arizona, США) были подведены итоги применения методов Гамильтонова формализма и теории слабой турбулентности к ветровым волнам, что позволяет из первых принципов

объяснить данные имеющихся наблюдений и экспериментов. Вопросы нелинейной динамики плазмы обсуждались в приглашенных докладах чл.-корр. РАН Е.А. Кузнецова (ФИАН, Москва) и Г. Векштейна (University of Manchester, Великобритания). В первом рассматривалось поведение анизотропного магнитогидродинамического потока под действием сил давления. В докладе Г. Векштейна были продемонстрированы неустойчивости в магнитогидродинамических потоках, которые могут быть важны для астрофизических приложений. В частности, обсуждались модели магнитных замкнутых облаков (плазмоидов).

Еще одной важной темой стало обсуждение процессов формирования «волн-убийц» в различных системах. Этот термин сначала использовался для описания аномально больших короткоживущих волн на поверхности океана, а затем распространился на аналогичные явления в других разделах физики. В приглашенном докладе Е.Н. Пелиновского (ИПФ РАН, Нижний Новгород) был дан обзор недавних исследований, связанных со статистическим анализом солитонной турбулентности в рамках уравнения типа Кортевега-де Вриза. Обсуждалась связь солитонных «волн-убийц» и модуляционной неустойчивости, известной для квазигармонических волновых пакетов. Результаты экспериментальных исследований оптических «волн-убийц» в лазере с насыщающим поглотителем были представлены в докладе Г. Тиссоли (Institute Non Lineaire de Nice, Франция).

Проведение научных исследований на рубежах современной нелинейной физики напрямую связано с достижением рекордных по интенсивности электромагнитных полей, предельно высоких концентраций вещества и плотностей энергии, экстремально высоких температур и давлений. В этой связи одним из знаковых докладов конференции стала пленарная лекция президента РАН академика В.Е. Фортова, посвященная анализу экстремальных состояний вещества на Земле и в космосе, вызванных сильными взрывами, детонацией, электротехническими взрывами и т.п. В докладе были проанализированы результаты изучения термодинамических, транспортных и оптических свойств сильно сжатого вещества при высоких давлениях и температурах. Рассмотрены экспериментальные методы кумуляции высоких плотностей энергии, генерации мощных ударных волн, а также быстрой диагностики высокоэнергетичной плазмы.

Физика высоких плотностей энергии тесно связана с такими разделами науки, как физика плазмы, релятивистская физика, физика лазеров и пучков заряженных частиц, астрофизика, управляемый термоядерный синтез, что получило отражение и в тематике проведенной конференции. Что касается физики плазмы, то здесь большое внимание привлекло обсуждение последних достижений в области создания высокотемпературной плазмы для термоядерных приложений в магнитных ловушках, альтернативных токамакам и стеллараторам. Так, в докладе С. Путвинского (Tri Alpha Energy Inc., США) были представлены впечатляющие результаты по долговременному удержанию плазмы в ловушке с обратной конфигурацией магнитного поля. А.Д. Беклемишев (ИЯФ СО РАН, Новосибирск) представил новые эффективные схемы нагрева и термоизоляции плазмы в многопробочной ловушке и новый метод подавления поперечных потерь в газодинамической ловушке. Использование этого метода в сочетании с дополнительным высокочастотным нагревом плазмы позволило впервые получить электронную температуру порядка 10 миллионов градусов в открытой ловушке, что открывает перспективы для разработки компактных термоядерных реакторов и термоядерных источников нейтронов.

Отдельная секция конференции была посвящена генерации лазерных полей с мультитераваттной и субэкзаваттной мощностью. В пленарном докладе, посвященной указанной тематике, один из ведущих специалистов в этой области профессор Ж. Муру (Ecole Polytechnique, Франция) отметил, что создание таких источников позволит в ближайшем будущем проводить фундаментальные научные исследования в совершенно новых областях науки, в том числе исследовать свойства вакуума в присутствии сверхсильных полей, моделировать в лаборатории процессы в недрах звезд и планет, осуществлять квантовый контроль внутримолекулярных и внутриатомных процессов.

Компактные лазерные ускорители заряженных частиц с энергиями в диапазоне 1 ГэВ, основанные на воздействии петаваттных оптических импульсов на мишени, откроют возможность проведения в академических лабораториях экспериментов по физике высоких энергий. Особое внимание на конференции было уделено проекту XCELS (Exawatt Center for Extreme Light Studies), разработка которого в настоящее время ведется в ИПФ РАН (Нижний Новгород) в рамках программы «CREMLIN». В основе планируемой инфраструктуры проекта будет находиться новый уникальный источник света с мощностью существенно превосходящей уровень, заложенный в настоящее время в самые мощные из строящихся либо проектируемых лазерных комплексов в мире, включая наиболее передовые из них в рамках европейского мегапроекта ELI (Extreme Light Infrastructure). О ключевых технологиях проекта XCELS рассказал в своем докладе директор Института прикладной физики, чл.-корр. РАН А.С. Сергеев.

Целая серия докладов в рамках секции «Нелинейная оптика и физика экстремального света» была посвящена вопросам применения сверхсильных лазерных полей. Так, последние достижения в области лазерно-плазменных методов ускорения заряженных частиц были представлены в докладах Т. Густавсона (LIDYL, Франция), А. Зиглера (National Laboratory of Frascati, Италия), М.В. Стародубцева (ИПФ РАН, Нижний Новгород). В частности, М.В. Стародубцев рассказал о последних экспериментах по ускорению протонов, проведенных на основе субпетаваттного лазерного комплекса PEARL. В этих экспериментах были получены сгустки протонов с энергией рекордной для данной энергии лазерного импульса. Приложения, связанные с моделированием астрофизических явлений и инерциальным термоядерным синтезом были рассмотрены в докладе Ж. Фукса (Ecole Polytechnique, Франция). Дж. Рокка (Colorado State University, США) представил последние результаты по созданию источника мягкого рентгеновского излучения высокой яркости на основе лазерной плазмы, возникающей при облучении наноструктурированных мишеней. Взаимодействие экстремально сильных электромагнитных полей с веществом с учетом радиационных и квантовых эффектов обсуждалось в докладах Д. Бауэра (University of Rostock, Германия), К. Кайтеля (Max Planck Institute for Nuclear Physics, Германия), В.В. Стрелкова (ИОФ РАН, Москва).

Актуальные вопросы космологии, астрофизики, геофизики и климата, связанные с нелинейными явлениями, обсуждались на секции «Нелинейные проблемы в астрофизике и геофизике», в рамках которой прошли сразу три мини-симпозиума, посвященные исследованию сверхновых и гамма-всплесков, нелинейной динамике атмосферно-океанических и климатических систем, а также высокоэнергичным электрическим процессам в атмосфере.

Среди проблем физики космоса в докладах были рассмотрены ударные волны, динамика плазмы в аккреционных дисках, релятивистские выбросы плазмы, токовые структуры и магнитные конфигурации неравновесной космической плазмы, турбулентность в межзвездной и галактической плазме, ускоренные частицы и их излучение. Особое внимание на конференции было уделено недавно появившимся наблюдательным данным о необычайно мощных взрывах сверхновых и особенностям наблюдений космических гамма-всплесков, которые обсуждались в рамках мини-симпозиума «От стандартных к суперярким сверхновым и гамма-всплескам». Пленарные доклады по указанной тематике представили Т. Пиран (Hebrew University, Израиль) и С.И. Блинников (ИТЭФ, Москва).

Обсуждение теоретических и экспериментальных достижений в исследовании нелинейной динамики атмосферных и атмосферно-океанических систем, в том числе – климатической системы Земли, было сконцентрировано как на общих подходах к моделированию и прогнозу поведения таких систем, так и на важных конкретных проблемах. Среди последних следует отметить исследование процессов в пограничном слое атмосферы, новых механизмов ветро-волнового взаимодействия атмосферы и океана, динамических процессов с участием ледового покрова, в первую очередь – в Северном Ледовитом океане. Большой интерес участников вызвали пленарные доклады, посвященные эмпирическому

подходу к моделированию и прогнозу климатических процессов (А.М. Фейгин, ИПФ РАН; М. Гил, Ecole Normale Supérieure, Франция), нелинейным динамическим процессам в пограничном слое и их влиянию на состояние нижней атмосферы (С.С. Зилитинкевич, Finnish Meteorological Institute, Финляндия), механизмам взаимодействия ветра с морской поверхностью, влияющим на развитие штормов и ураганов (Ю.И. Троицкая, ИПФ РАН), а также приглашенный доклад Н.Г. Яковлева (ИВМ РАН, Москва), в котором анализировалась роль ледового покрова в динамике арктической климатической системы.

В последнее время быстро развиваются исследования высокоэнергичных явлений в атмосфере, связанных с грозowymi разрядами. В том числе появилось множество новых данных по динамике грозового разряда, особенностям вспышек разной полярности, разрядам в средней атмосфере - спрайтам, джетам, эльфам. Этим проблемам был посвящен минисимпозиум «Физика молний и высокоэнергичных процессов в атмосфере». Обзорный пленарный доклад по указанной тематике был сделан ведущим специалистом в этой области В. Раковым (University of Florida, США). Приглашенный доклад профессора А. Чилингаряна (Ереванский физический институт, Армения) был посвящен результатам последних наблюдений потоков высокоэнергичных частиц в атмосфере в грозовых условиях. Кроме того, на симпозиуме были обсуждены проблемы инициации молнии, физика компактных внутриоблачных разрядов, новые модели лидера, стримера молнии, главной стадии разряда, новые фрактально-динамические модели грозовых разрядов. Большой интерес вызвали доклады молодых участников. В частности, доклад Е.К. Свечниковой (ИПФ РАН), посвященный модели грозового разряда с релятивистской обратной связью, был отмечен участниками конференции как лучший инициативный доклад.

В рамках секции «Нелинейные явления в квантовых системах и квантовая оптика» обсуждались достижения последнего десятилетия в разработке квантовых технологий (таких как квантовая криптография и квантовые телекоммуникации, квантовая память и обработка информации, цифровые и аналоговые квантовые вычисления), а также прогресс в разработке методов когерентного управления оптическим откликом разнообразных сред, включая атомарные и молекулярные газы, оптические гетероструктуры и метаматериалы. Перспективы по генерации субфемтосекундных импульсов рентгеновского диапазона на основе модуляции рабочего перехода в активной плазменной среде были продемонстрированы в пленарном докладе О. Кочаровской (Texas University, США и ИПФ РАН, Россия). Вопросам реализации квантовой памяти были посвящены доклады М. Баранова (Institute of Quantum Optics and Quantum Information, Австрия) и С.А. Моисеева (КНИТУ, Казань). Новые возможности применения оптической частотной решетки в системах квантовой информации, квантовой метрологии и спектроскопии обсуждались В. Париджи (Sorbonne University, Франция) и Р.Н. Шахмуратовым (Казанский физико-технический институт). Последним достижениям в фотонике одномерных нано-структур был посвящен доклад К. Хакута (University of Electro-Communications, Япония).

Новой для конференции секцией стала секция, посвященная современным тенденциям в науке о материалах. Больше внимание здесь было уделено вопросам создания новой материальной платформы для нанофотоники и наноплазмоники. Лекция В.Шалаева (Purdue University, США), посвященная этой тематике, была отмечена участниками конференции как лучший пленарный доклад. Интересный доклад о новом методе синтеза полупроводникового CVD алмаза с высоким уровнем легирования бора был сделан С.А. Богдановым (ИПФ РАН, Нижний Новгород). Полученные результаты открывают новые перспективы для электронных приложений.

В формате короткой статьи невозможно рассмотреть все вопросы, поднятые участниками конференции, выделить все интересные доклады и, тем более, передать атмосферу научных заседаний, обсуждений и споров. Соответственно приведенный обзор дает лишь общее представление о тематике прошедшей конференции. Тем не менее, подводя итоги, можно с уверенностью сказать, что конференция «Frontiers of Nonlinear Physics 2016» ясно продемонстрировала, что, несмотря на широкое разнообразие конкретных физических

проблем, нелинейная физика является мощным инструментом исследования процессов самой разнообразной физической природы. Проведение такой междисциплинарной конференции остается актуальным научным мероприятием и, действительно, позволяет раздвинуть рубежи наших представлений о передовых достижениях современной науки. Хочется отметить также, что большой интерес к конференции со стороны зарубежных ученых подтверждает высокий уровень отечественной, в том числе, и нижегородской, науки.

*И. Зотова, д.ф-м.н.  
ученый секретарь конференции*