



Нижегородский ПОТЕНЦИАЛ

№ 3 (11), 2013 г.

ВЕСТНИК НИЖЕГОРОДСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

В НОМЕРЕ:

стр. 2

Институту физики
микроструктур РАН – 20 лет



стр. 7

75 лет академику
Р.И. Ильяеву



стр. 10

Точки роста
ИПМ РАН



стр. 13

Конференции,
симпозиумы



В сентябре 2013 года исполнилось 20 лет Институту физики микроструктур РАН – 28 сентября 1993 года Президиум РАН принял постановление об организации нового института для выполнения работ в области физики наноструктур, высокотемпературной сверхпроводимости и рентгеновской оптики, директором был назначен С.В. Гапонов. ИФМ РАН образовался на базе Отделения физики твердого тела и оптики Института прикладной физики РАН, где к тому времени уже были получены передовые результаты в этой области, послужившие научным фундаментом нового института. За прошедшие 20 лет институт только упрочил свои позиции, сейчас это ведущий научный центр в своих «фирменных» направлениях исследований и разработок. К знаменательной дате был издан красочный содержательный буклет об ИФМ РАН, на основе которого подготовлен этот материал.

Институту физики микроструктур РАН – 20 лет

В 1988 году в Институте прикладной физики АН СССР было образовано еще одно отделение – Отделение физики твердого тела и оптики. Директор ИПФ АН СССР академик А.В. Гапонов-Грехов полагал, что с его организацией окончательно восполнится «упущение» основателей нижегородской радиофизической школы, не обративших в свое время достаточного внимания на физику конденсированного состояния как перспективную область для распространения колебательно-волновой культуры. Отделение возглавил Сергей Викторович Гапонов, будучи еще кандидатом наук.

К началу 90-х годов в Отделении физики твердого тела и оптики уже была накоплена «критическая масса» важных фундаментальных и прикладных результатов, получивших признание, отмеченных государственными премиями СССР. Эти результаты были получены двумя отделами, которыми руководили А.М. Белянцев (основное направление исследований – физика полупроводников и полупроводниковых гетероструктур), и С.В. Гапонов (получение и исследование многослойных тонкопленочных структур, многослойная рентгеновская оптика).

Пионерские разработки и опыт в области напыления тонких пленок привели к быстрому продвижению в новом и едва ли не самом «горячем» тогда направлении – в области создания и исследования высокотемпературных сверхпроводников на основе керамических соединений, на волне того научного и технологического бума, к которому привело во всем мире долгожданное открытие высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП) в 1986 году. Отечественные работы в этой области координировала специально созданная государственная комиссия во главе с премьер-министром страны, была учреждена государственная научно-техническая программа «Высокотемпературная сверхпроводимость» (как оказалось вскоре, это была «лебединая песня» советской науки...).

Как отмечает сейчас С.В. Гапонов, в соревновании по исследованиям ВТСП коллектив возглавляемого им отделения выиграл в те годы «главный приз» – средства на строительство специализированного лабораторного корпуса по всем современным стандартам такого сооружения. Строительство и оснащение корпуса началось в рамках целевой госпрограммы, но завершалось уже в совсем другую эпоху...

По мере строительства корпуса становилось ясно, что «твердотельному крылу» ИПФ предстоит непростой «перелет» в незавершенную новостройку, расположенную за городской чертой, в кукурузном поле. Сама жизнь подталкивала к созданию нового института, хотя бы для того, чтобы иметь практическую возможность решать сложный комплекс проблем по завершению строительства, запуску оборудования, обеспечению и развитию исследований в новых стенах. Весной 1993 года С.В. Гапонов выступил на заседании бюро Отделе-

ния общей физики и астрономии РАН с предложением о создании института, которое получило поддержку бюро и затем Президиума РАН. И то, что коллектив уже добился к тому времени признанных результатов и располагает новым лабораторным корпусом, сыграло определяющую роль, хотя в то переломное время Академии наук было, скорее, не до образования новых институтов.

Сейчас уже трудно представить те невероятные «романтические перипетии» становления института, которые пришлось преодолевать. Вспоминает **директор-основатель института лауреат Государственной премии СССР академик С.В. Гапонов:**

«Согласно постановлению институт был образован из Отделения физики твердого тела и оптики ИПФ без увеличения численности сотрудников. Из этого числа надо было сформировать все службы, необходимые в самостоятельном институте. Так как государство перестало платить, финны, отвечавшие за монтаж, уехали. Весной 1994 года мы въезжали в недостроенное здание, и оборудование загружалось в корпус через отсутствовавшую западную стену. До переезда единственное, что было закончено, это гараж, и сотрудников можно было возить из города собственными автомобилями. Не было улицы Академической, наш адрес оставался ул. Ульянова, 46 (адрес ИПФ РАН – ред.). Правда, на шоссе, около поворота к институту, был знак: «Осторожно – коровы». Ниже нас была ферма, приятно пахло навозом. Территория вокруг института была завалена бетоном с торчащей из него арматурой. Хотя корпус собирался из готовых конструкций, полы заливались российскими рабочими, и бдительные финны, заметив, что бетон не той марки, заставили его вырубить. Институт не был подключен к канализации, и некоторые продукты его жизнедеятельности стекали в септик. Санэпиднадзор мог опечатать здание в любую минуту. Экономическая обстановка тоже была не самая благоприятная – на многих нижегородских предприятиях зарплату вместо рублей платили «немцовками».

Это все внешний фон, а настроение было хорошее. Впервые мы переезжали не в канцелярское здание, а в специально спроектированный лабораторный корпус со встроенными технологиями, хотя и недостроенный. Постепенно неустроенность удалось преодолеть, хотя некоторые вопросы решались годами.

Была мечта о небольшом институте европейского типа с единой тематикой, в которой бы все понимали работу и уровень друг друга. Мы ограничились объектами, малыми по одной или нескольким координатам, но охватывающими все типы твердых тел. Если полупроводники – то это квантоворазмерные пленки, проволоки и точки, наноразмерные магниты. Если сверхпроводники – то только пленочные; наноразмерные многослойные структуры из самых разных материалов для управления рентгеновским излучением. Попутно развивались и технологии их получения, и методы исследования. Обычно – на уровне пользователей, а в некоторых случаях – создавая новые подходы и оборудование, которое нельзя приобрести. Так произошло с технологическим и измерительным оборудованием для рентгеновской оптики и, частично, с зондовой микроскопией.

Специалистов в этой области в то время в вузах никто не готовил. Вначале наши сотрудники, преподающие в университете, брали себе в магистратуру и на дипломные работы студентов, и они с этого времени начинали работу в институте. В институте была открыта аспи-



рантура, начиная с 2001 года стал работать докторский диссертационный совет. Большую роль для становления молодых ученых сыграли организуемые институтом ежегодные международные конференции «Нанозоника и нанозоника». Встречи на правах хозяев с ведущими учеными помогают ощутить свое место в мировой науке.

Переломным моментом в образовательной деятельности стала организация межфакультетской кафедры университета на базе нашего института. Таким образом, наши сотрудники оказались привлеченными к преподаванию на трех физических факультетах, а институт стал иметь надежный источник пополнения молодежи.

За годы, прошедшие со дня образования, во всех направлениях работ института сформировались надежные научные лидеры. К 2009 году, когда я перешел на должность профессора З.Ф. Красильника, институт занял достойное место в Отделении физических наук РАН».

В настоящее время ИФМ РАН проводит исследования в тех же направлениях, которые изначально были определены в качестве профильных направлений работ института. Это физика поверхности твердых наноструктур, физика ВТСП, многослойная рентгеновская оптика, связанные с ними технологии и применения тонких пленок, поверхностных и многослойных структур. Однако и сами эти направления постоянно расширяют свои горизонты, в составе института формируются новые тематические группы и лаборатории. Например, сразу в нескольких подразделениях института сейчас развивается тематика, направленная на освоение перспективного для многих приложений терагерцового диапазона электромагнитных волн и связанная с разработкой эффективных источников и приемников, новых методов и средств спектроскопической диагностики в этом диапазоне.

Сегодня инфраструктура ИФМ включает шесть научных отделов, отличающихся не только тематикой, но и разной степенью вовлеченности в фундаментальные и прикладные, технологические и экспериментальные работы. Тематика института охватывает физику и технологии наноматериалов на основе полупроводников, сверхпроводников, магнетиков, многослойных диэлектрических и металлических структур. Наряду с научными отделами имеются все необходимые для работы научно-вспомогательные подразделения, инженерные службы.



Продолжает рассказ **директор ИФМ РАН лауреат Государственной премии СССР профессор З.Ф. Красильник:**

«Институт хорошо оснащен современным технологическим и экспериментальным оборудованием, позволяющим проводить исследования на самом высоком уровне. С целью эффективного использования уникального оборудования работает Центр коллективного пользования «Физика и технология микро- и наноструктур». Постоянными пользователями ЦКП являются институты Нижегородского научного центра РАН, ННГУ им. Н.И. Лобачевского, ФГУП НПП «Салют», НИИИС им. Ю.Е. Седакова; Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ (Саров), Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе (Санкт-Петербург), Физико-технический институт УрО РАН (Екатеринбург), Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Институт общей физики РАН (Москва) и др. В 2008–2012 гг. по результатам исследований, выполненных с использованием оборудования ЦКП, успешно защищены 38 дипломных работ, 7 кандидатских и 3 докторские диссертации.

ИФМ РАН связан тесными узами с ННГУ им. Н.И. Лобачевского – Национальным исследовательским университетом. Ректоры последних двух десятилетий, профессора А.Ф. Хохлов, Р.Г. Стронгин и Е.В. Чупрунов, будучи глубоко убежденными в необходимости интеграции академической и вузовской науки, много сделали для налаживания сотрудничества с ИФМ РАН как в вопросах подготовки высококвалифицированных специалистов, так и для проведения совместных научных исследований по физике твердого тела, физике и технологии твердых наноструктур. Многие сотрудники ИФМ РАН преподают в ННГУ им. Н.И. Лобачевского.

В ИФМ РАН действует многоуровневая система подготовки научных кадров, есть всё необходимое молодежи для научного



«лифта»: межфакультетская базовая кафедра физики наноструктур и нанозоника ННГУ им. Н.И. Лобачевского, аспирантура и специализированный диссертационный совет. На протяжении многих лет в институте успешно работают две ведущие научные школы, получившие официальное признание в рамках Президентской программы поддержки ведущих научных школ Российской Федерации: «Создание физических основ нанесения метастабильных многослойных и нанокластерных пленочных структур, исследование их свойств» (руководители – академик С.В. Гапонов и чл.-корр. РАН Н.Н. Салащенко) и «Фундаментальные научные проблемы развития кремниевой оптоэлектроники и освоения терагерцового диапазона с использованием полупроводниковых наноструктур» (руководитель – профессор З.Ф. Красильник).

В штате института сегодня – 275 человек, из них более 140 научных сотрудников (в том числе: 21 доктор и 73 кандидата наук, 8 лауреатов Государственной премии СССР, лауреат Государственной премии РФ для молодых ученых). Средний возраст научных сотрудников составляет 43 года. По возрасту сотрудников и самого учреждения ИФМ РАН все эти годы числится одним из самых молодых в Отделении физических наук РАН. И если в начале своего пути что-то можно было списать на молодость института, то сегодня конкурентная среда, в которой он живет, его предназначение обязывают быть «на уровне» во всем, невзирая на возраст. В институте работает ряд ученых, чьи результаты уже получили заслуженное признание. Рядом с ними трудится талантливая молодежь, чьи открытия еще впереди. В разумном сочетании опыта и молодости – источник развития института, залог его успешного будущего».

Чтобы лучше почувствовать сегодняшний день ИФМ РАН, представим слово руководителям научных направлений.

Зав. отделом физики полупроводников лауреат Государственной премии СССР профессор В.И. Гавриленко:

«Новый виток в развитии отдела совпал по времени с десятилетием ИФМ. Стараниями С.В. Гапонова (в то время директора института) и З.Ф. Красильника на первый юбилей Академия наук преподнесла нам царский подарок: профинансировала покупку новейшего по тем временам фемтосекундного лазера, вокруг которого за три-четыре года сформировалась суперсовременная оптическая лаборатория.

Спектр задач и сфера применения такой техники оказались куда шире, чем мы могли себе представить. Позже мы обзавелись и наносекундным комплексом, который широко используется в исследовании структур на основе кремния, арсенида галлия, соединений кадмий-ртуть-теллур. Сформировался уникальный для нашей страны, да и не только для нее, комплекс научного оборудования, на котором проводится большая часть наших экспериментальных исследований оптических явлений в полупроводниковых наноструктурах в ИК- и терагерцовом диапазоне, то есть по основным направлениям нашей научной школы.

Новая техника в первую очередь осваивалась молодежью, которая на ней и «росла». В коллективе около двадцати молодых, или «почти молодых», кандидатов наук, в значительной мере они определяют репутацию ИФМ РАН в области физики полупроводников. Среди решаемых задач – спектральные и кинетические исследования наноструктур с квантовыми ямами и квантовыми точками, терагерцовая фотопроводимость и фотолуминесценция в узкозонных структурах кадмий-ртуть-теллур.

Постепенно отдел прирастал технологическим оборудованием: установки молекулярно-пучковой эпитаксии производства RIBER и петербургского ЗАО «Научное и технологическое оборудование», постростовые технологии. В 2003 году сформировалась технологическая лаборатория, ее проблематика – структуры с SiGe-наноостровками для кремниевой оптоэлектроники, с квантовыми ямами для радиационно стойких приборов.

Значимых результатов нельзя достичь без сотрудничества, без обмена идеями с ведущими учеными и лабораториями. Всех наших партнеров – как в России, так и за рубежом – здесь и не перечислишь. Упомяну лишь сотрудничество в области технологии роста и исследования оптических свойств гетероструктур кремний-германий с самоформирующимися наноостровками с коллегами из Института физики микроструктур Общества Макса Планка в городе Галле (Германия) и с коллегами из лабораторий Национального центра научных исследований Франции при университетах городов Монпелье и Тулузы – в области источников и приемников излучения терагерцового диапазона. Сотрудничество с Францией имеет и образовательную составляющую: трое наших молодых коллег прошли через совместную аспирантуру с двойным руководством, двое уже защитили кандидатские диссертации (С.С. Криштоленко при этом стал еще и доктором физики Университета им. Поля Сабатье в Тулузе), третья защита – на подходе.

Наш отдел – самый крупный в институте: в нем четыре лаборатории. Но этап экстенсивного роста закончился, и если еще пару лет назад мы брали на работу всех, кто хотел остаться (магистров, аспирантов), то сейчас всех принять не можем. И дело не только в бюджетных ограничениях. Возросли наши требования к потенциальным коллегам. Коллектив уже сложился, нас 50 человек, и это не считая совместителей. Когда люди заняты одним делом, сама собой складывается почти семейная атмосфера: мы вместе отмечаем все праздники и дни рождения. Молодежь, которой и в институте, и в отделе много, любит играть в футбол, хоккей, теннис, бадминтон... Я сам в спортзал не хожу, а вот родная лаборатория физики полупроводниковых гетероструктур и сверхрешеток – это действительно мое любимое место в институте. В лабораториях института, в его коридорах, кабинетах, залах и комнатах проходит большая часть моей жизни. Наверное, лучшая ее часть...»

Зав. отделом физики сверхпроводников д.ф.-м.н. В.В. Курин:

«Ко времени образования отдела в стране уже была научная школа изучения сверхпроводимости, но в Горьком этой темой интересовались лишь отдельные ученые. Первая организованная группа появилась в ГНИПИ (ныне – ФГУП ННИПИ «Кварц»). В нашем отделе работает А.М. Клушин, ученик С.И. Боровицкого, который еще в 1969 году занимался физикой джозефсоновских контактов в секторе сверхпроводниковой электроники ГНИПИ. А в отделе С.В. Галонова в ИПФ АН СССР долгое время работал В.М. Генкин, тоже занимавшийся изучением сверхпроводимости. Его ученик А.С. Мельников сейчас заместитель директора ИФМ по научной работе и руководит лабораторией теории мезоскопических систем в нашем отделе.

Сейчас в отделе работают 35 человек. Старшее поколение представлено группой А.А. Андропова, который до сих пор сохранил привязанность к физике полупроводников и полупроводниковых лазеров, группой М.А. Новикова, сфера научных интересов которого – высокоточные оптические измерения. Лабораторией математических методов и численного моделирования руководит И.А. Шерешевский, я же заведу лабораторией сверхпроводниковой электроники.

Конечно, в отделе много и молодежи – научные группы немислимы без преемственности. Правда, проблема «потерянного поколения» 90-х

коснулась и нас, несколько талантливых исследователей уехали тогда работать за границу. Зато в отделе трудятся Максим Левичев, который пять лет проработал в Германии; Максим Сапожников, он три года провёл в США; Денис Водолазов, три года проработавший в Бельгии. Понятно, что заработки в России совсем другие, что возможностей ездить на конференции меньше, что есть сложности в обеспечении работ. Но если вернулись, значит, надеются это преодолеть. Все они сохранили связи с зарубежными учеными, реализуют совместные проекты. В конце концов, большая наука интернациональна, и каждый вправе выбирать, где ему работать.

Отдел сверхпроводников ведет сегодня исследования по трем основным направлениям: физика сверхпроводимости (включая физику магнитных, сверхпроводящих и гибридных наноструктур), оптика (физика киральных явлений и вопросы применения оптоволоконных систем) и физика полупроводников (неравновесные носители и полупроводниковые лазеры).

Из последних наших успехов можно отметить достижения в сверхпроводниковой электронике и разработки по сверхвысокочастотным генераторам на основе высокотемпературных и низкотемпературных сверхпроводников. Разработаны сверхчувствительные приемники субтерагерцового диапазона и генераторы терагерцового излучения, основанные на больших массивах джозефсоновских контактов. Они находят применение в научных исследованиях, в спектроскопии например.

Мы провели большой цикл работ по исследованию нелинейных свойств сверхпроводников, разработали методику изучения локальных магнитных и электромагнитных свойств сверхпроводящих пленок, а это позволяет, помимо всего прочего, проводить их экспресс-диагностику в интересах технологических групп, выращивающих такие пленки.

Важные результаты получила лаборатория А.С. Мельникова: теоретически исследованы особенности сверхпроводников, а главным образом – структур, в которых сверхпроводимость взаимодействует с магнетизмом. Взаимодействие сверхпроводящих и магнитных спиновых систем открывает широкие перспективы для новой электроники, которая будет базироваться именно на магнитных сверхпроводящих явлениях. И надо сказать, что исследования в этой области принесли коллективу заслуженную известность в мировом физическом сообществе».

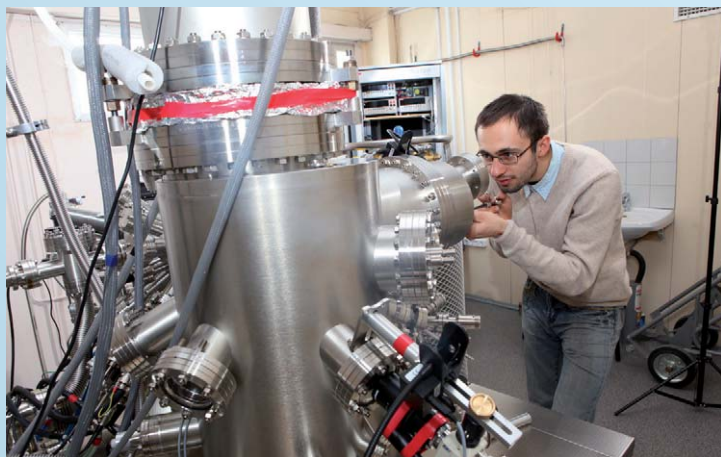
Зав. отделом многослойной рентгеновской оптики лауреат Государственной премии СССР и премии им. А.Г. Столетова РАН чл.-корр. РАН Н.Н. Салащенко:

«Исследования в области многослойной рентгеновской оптики групп ученых ИПФ АН СССР – потом на её основе сложился коллектив нашего отдела – начала еще в 1978 году. Мы взялись тогда за эту работу с отвагой неведения. Если бы мы тогда отчетливее представляли требования к многослойным структурам, к подложкам и к их технологиям, то, скорее всего, подумав хорошенько, продолжили бы исследования в области сверхтонких полупроводниковых пленок и сверхрешеток. Но уже в 1991 году шестеро наших сотрудников за цикл исследований в этом направлении были удостоены Государственной премии СССР.

Следует сказать о специфике исследований в нашей стране. Американские коллеги говорят: «Для исследований нам нужна установка, которая стоит три миллиона долларов, и мы ее уже заказали». А мы не заказываем, мы сами делаем. Собственное технологическое и метрологическое оборудование создавать непросто, но я уверен, что именно эта работа стимулирует научный прогресс. Ведь если оборудование покупное, серийное, значит, аналогичные исследования может вести любой, у кого есть такая же установка. А у нас почти всё – собственные разработки. Это, конечно, не от хорошей жизни, но в итоге мы можем делать то, чего не могут прочие. Мы – другие, и в этом наша сила.

Специфика эта стала следствием 90-х годов прошлого века, весьма трудных для науки вообще и для каждого «ученика». Но именно тогда мы развивались так динамично, как никогда до и никогда после. На заводах денег тоже не платили, и там за копейки для нас делали то, что в другое время стоило бы куда дороже. На голом энтузиазме мы строили свои установки, скрываясь на работе от семейных проблем – где деньги взять, чем детей накормить. Так что в те девяностые годы жилось нам... условно хорошо.

Наша группа оказалась в итоге едва ли не единственной в мире, у которой есть и собственные технологии изготовления рентгеновской оптики, и измерительная база для сертификации ее элементов. Теперь основные отечественные исследования в области мягкого рентгеновского излучения обеспечиваем мы. Особенно это касается прецизионной излучающей оптики: каждый год появляется принципиально новая технологическая установка. Когда для обеспечения потребностей рентгеновской литографии возникла задача получения прецизионной оптики дифракционного качества, оказалось, что сверхгладких поверхностей с формой, выполненной на субнанометровом уровне, в стране нет, и сделать



их никто не сможет. Так что это дело мы поручили сами себе и занимаемся этим до сих пор. За короткий срок в ИФМ РАН был создан целый технолого-метрологический комплекс, позволяющий создавать сверхгладкую и сверхточную оптику. В его составе – интерферометр с дифракционной волной сравнения, установки ионно-пучкового травления и напыления тонких пленок, прецизионные рефлектометры. Подобными ресурсами располагают лишь самые высокотехнологичные компании: ZEISS (ФРГ), General Optics (США) и Nikon (Япония).

Сейчас коллектив института занят созданием элементной оптической базы для спектрального диапазона $\lambda \approx 0.01\text{--}100$ нм. Результаты этих работ имеют широкое практическое применение. Особое значение в последнее десятилетие приобрели разработки прецизионной изображающей оптики нормального падения коротковолнового диапазона. Например, для создания объективов в стендах проекционной EUV-нанолитографии, для биологических микроскопов, для космических телескопов, решающих задачи рентгеновской астрономии. Практически все российские космические станции со специализированными телескопами для изучения солнечного излучения в спектральном диапазоне 13–30 нм (например, CORONAS-F) оснащались многослойными зеркалами, изготовленными в ИФМ РАН. Исследования продолжаются, и, как следствие, область применения многослойной рентгеновской оптики расширяется буквально на глазах.

Можно смело утверждать, что нам предстоит новый технологический скачок, связанный с интенсивным освоением этого коротковолнового диапазона.

Бурно развивается и относительно новое направление – свободновисящие пленочные структуры. У нас создана лабораторная технология изготовления свободновисящих многослойных структур, которые применяются, к примеру, в качестве зеркал поляризаторов, фазосдвигающих и делительных пластинок, дисперсионных элементов. Но особенно востребованы они в проекционной нанолитографии. Тут мы, пожалуй, мировые лидеры.

Физика многослойных структур из сверхтонких пленок и есть истинная нанофизика. Ученые, которые имеют дело с субангстремной точностью, порой напоминают мне балерин: тянутся вверх, стоя на пуантах, да еще умудряются за руки держаться. Во всем мире физики работают дружно, а наш институт не просто участвует в общем деле, но многих ведет за собой».

Зав. отделом технологии наноструктур и приборов д.ф.-м.н. В.И. Шашкин:

«Первое, чем пришлось заняться, переехав из ИПФ РАН в новое здание, это распределение помещений, чтобы все отделы могли разместиться оптимально и с наибольшим комфортом. Наш отдел занял одно крыло на втором этаже, а потом и часть помещений в отдельно стоящем здании. Необходимость такого разделения была обусловлена спецификой технологии металлоорганической газофазной эпитаксии, при которой приходится использовать горючие и токсичные газы. Помещение с особыми требованиями к чистоте воздуха и безопасности создали заново, и теперь это отличная технологическая лаборатория, где осуществляется не только эпитаксиальное наращивание, но и плазмохимическое травление.

Замечу, что с самого начала и до сего времени приоритетными для нас являются прикладные исследования. Итогом любых, даже фундаментальных исследований мы всегда видим создание оригинального прибора, устройства, датчика, технологии или методики. Для нас непозволительная роскошь тратить время на задачи, которые не ведут к конкретным результатам, и мы стараемся придерживаться «прикладного» курса, проложенного еще двадцать лет назад и оказавшегося верным.

В числе наиболее заметных достижений этих лет можно назвать разработку низкобарьерного высокочувствительного детектора, на основе которого сейчас создается система радиовидения в миллиметровом диапазоне длин волн. Построены планарные микростриповые многоэлементные приемные антенны, которые позволяют получать изображения в реальном времени. Создан прецизионный низкокогерентный интерферометр, позволяющий контролировать скорость роста полупроводниковых структур с нанометровой точностью и температуру с точностью в десятки доли градуса. Первый такой прибор запущен в Институте физики полупроводников СО РАН. Он позволит изготавливать полупроводниковые структуры более высокого качества на основе соединений кадмий-ртуть-теллур. Еще разработана целая серия высокочастотных пассивных устройств на основе высокотемпературных сверхпроводников: высокочастотные ВЧ-фильтры, в том числе перестраиваемые, СВЧ-фильтры и различные устройства на их основе. Подобными разработками занимаются исследовательские лаборатории в США, Германии, Великобритании. Сравнивая, можно без ложной скромности утверждать, что наши работы находятся на мировом уровне».

Зав. отделом магнитных наноструктур д.ф.-м.н. А.А. Фраерман:

«Создание нашего отдела я считаю главным достижением в жизни. А началось всё чуть больше двадцати лет назад в ИПФ, в отделе С.В. Папонова, занимавшемся многослойными рентгеновскими зеркалами. Поводом для расширения тематики отдела стало открытие в 1988 году А. Фертом и П. Грюнбергом гигантского магнитосопротивления. Открытие было сенсационным (в 2007 году этим ученым присудили Нобелевскую премию), и с ним связывались большие надежды. Последующие годы вполне подтвердили это. И многослойные магнитные структуры тоже обещали немало интересных эффектов. Двигаясь поначалу следом за зарубежными коллегами, нам удалось предложить и реализовать ряд оригинальных идей по созданию многослойных магнитных сред и на этой основе добиться первых признанных результатов. Постепенно формировался коллектив, сначала неформальный, появлялись новые результаты, что и привело к созданию отдела в 2008 году.

За прошедшие пять лет мы приобрели современное оборудование, чья стоимость приближается к пяти миллионам евро. Условия в сравнении с началом 90-х – небо и земля. Мы воспринимаем это как своего рода аванс, который надо отработать, выдавая новые результаты.

В числе основных научных достижений отдела можно назвать реализацию оригинальной идеи управления критическим током джозефсоновских контактов с помощью системы магнитных частиц. Итоги этой работы были опубликованы в 2012 году журналом «Письма в ЖЭТФ». Обычно там публикуются лишь краткие сообщения, но нам заказали обзор без ограничения объема: столь важной сочли редакторы нашу работу. И я с ними совершенно согласен.

Кроме того, есть достижения по части инженерии магнитных состояний. Фундаментальная идея состояла в том, что в магнитных наноструктурах можно заставить работать обменные поля, управляя распределением намагниченности. Грюнберг и Ферт придумали, как развернуть намагниченности в разные стороны, и получили гигантский эффект. Но на этом дело не кончается. Мы создаем экзотические распределения и в фантазиях себя не ограничиваем. С помощью наноструктур нам удавалось создавать вихри, антивихри, спирали и так далее. Работа велась пять лет, в авторитетных научных журналах опубликовано около десятка статей.

Близится к завершению важный долгосрочный проект по созданию радиационно стойких элементов памяти; его мы ведем совместно с НИИИС им. Ю.Е. Седакова. Сфера применения таких разработок – космос, атомная энергетика. Дело ответственное, сопряженное с определенными сложностями, но завершение работы станет для нашей группы и института в целом большим достижением. Подчеркну, что создание подобных образцов возможно только на оборудовании ИФМ. Но дело не только в нем, но и в специалистах высокого класса, способных получить на этом оборудовании результаты. К счастью, такие специалисты в отделе есть, как есть и молодые сотрудники, на которых мы возлагаем особые надежды.

Научных групп, занятых аналогичными исследованиями, в мире очень много, конкуренция, можно сказать, небывалая. Наука как таковая держится на обмене информацией, так что мы не окружаем нашу работу тайной. Придите к технологам, спросите – они всё расскажут. А вот попробуйте-ка потом сделать! Далеко не всё лежит на поверхности. Всегда есть нюансы, и если их не учесть, эксперимент просто не получится. Всё зависит от людей».



Зав. отделом терагерцовой спектроскопии к.ф.-м.н. В.Л. Вахс:

«Терагерцовый диапазон частот является очень привлекательным для спектроскопических исследований, поскольку в нем находятся наиболее сильные линии поглощения многих важных молекул. Качественный скачок в его освоении произошел благодаря использованию полупроводниковых наноструктур – квантовых сверхрешеток, обладающих уникальными возможностями для смешения-умножения частоты излучения. Нашим коллективом была разработана уникальная серия синтезаторов частот терагерцового диапазона с кварцевой стабильностью частоты, предназначенных для прецизионной спектроскопии, метрологии, коммуникационных систем. В основе разработки лежит применение гармонических смесителей на квантовых полупроводниковых сверхрешетках, обеспечивающих эффективное преобразование частоты в терагерцовом частотном диапазоне.

Удивительно, с какой стороны иногда приходят научные идеи! В одном из медицинских журналов я увидел сообщение: французские врачи обнаружили, что при раке почек человек «выдыхает» диоксид серы. Я был поражен. Это же наш калибровочный газ, изученный вдоль и поперек, мы его используем как эталон! Так были начаты исследования в области спектроскопии выдыхаемого воздуха. С точки зрения спектроскопии, выдох человека может содержать несколько сотен газов, и по наличию тех или иных газов или их комбинации можно судить о состоянии человека. Сегодня диагностикой заболеваний по выдыхаемому воздуху занимается множество научных групп по всему миру, но в 90-е годы мы были в этом направлении одними из первых. Медики тогда не интересовались подобными вещами – они были еще беднее, чем физики... Нами была разработана методика обнаружения сахарного диабета, а также контроля состояния больного при лучевой терапии, во избежание лучевых ожогов. Студентов и аспирантов, коих в институте всегда в изобилии, мы использовали как «условно здоровых» людей, а потом относительно них смотрели состояние пациентов до и после лучевой терапии и в результате обнаружили, что есть разница в их выдохе. Это было открытие. В настоящее время мы начинаем работу по определению предраковых состояний желудка по выдоху, чтобы со временем можно было заметить такой диагностикой эндоскопию – достаточно неприятный для пациента метод исследования.

Все эти возможности практического применения спектроскопии кажутся почти фантастическими для российского человека. Но в мире этим очень активно занимаются: Польша, Германия, Финляндия, США, Канада, даже Перу! Реальность такова: сейчас на Западе есть руководство для практических врачей, есть сенсоры, дело дошло до массового применения. Но и в этой ситуации мы пытаемся отстоять свою нишу и на основе нашего спектрометра сделать чувствительный прибор для оценки состава выдыхаемого человеком воздуха – «электронный нос», который был бы компактным и простым настольно, чтобы врач мог поставить его на стол, одной кнопкой включить и получить результат. Это задача, которую я бы хотел довести до конца. Чего бы это ни стоило...

Есть и другие планы на будущее, вполне определенные. Мы впервые измерили с высоким разрешением спектр ДНК и дальше будем продолжать изучение белковых молекул. Продолжим работать в области медико-биологической спектроскопии и осваивать современные квантово-каскадные лазеры. На их основе пытаемся сделать стабильные источники излучения и спектрометры терагерцового частотного диапазона».

Говоря о таком институте, как ИФМ, который создавался в трудные 90-е на загородном кукурузном поле, но по образцу европейского института, нельзя не сказать о его «околонаучной» жизни – тех общих вопросах, от решения которых во многом зависит климат в институте и настроение его сотрудников.

Зам. директора по общим вопросам с 1993 по 2013 гг. А.И. Кузьмичев:

«Корпус собирался из конструкций, произведенных в Финляндии, и затем на барже доставленных к нам по реке. Шефмонтаж осуществляли несколько финских специалистов из компании Partek, которые жили здесь же, в бытовке с обязательной сауной. Начинилось всё при советской власти, а когда к руководству пришли другие люди... все обязательства перед подрядчиками были прекращены, и финны уехали. В 1993 году здесь была стройплощадка, заваленная бетонными обломками, и посередине – наше здание. Забор с колючей проволокой, асфальта нет... На месте, где сейчас теннисные корты, была свалка железобетонных конструкций. К счастью, корпус был к тому времени в основном достроен. Была почти закончена внутренняя отделка, но не было, к примеру, туалетов. И денег не было. Чтобы въехать и работать, крутились как могли. Постепенно взялись и за площадки. Разбили два больших газона. Сделали корт – специальный состав для засыпки привезли из Санкт-Петербурга...

Ныне на территории ИФМ не только два теннисных корта, весьма популярны у сотрудников, но и футбольная площадка, где иногда устраиваются соревнования «ИФМовских с ИФАНовскими». Корты зимой превращаются в каток, в центре которого наряжают новогоднюю ёлку, а в холодное время сетка для желающих поиграть в бадминтон натягивается прямо в стенах института – здесь есть спортивный зал с тренажерами и столами для настольного тенниса. Играют азартно, с утра до начала рабочего дня, в обед и по вечерам. Занятия спортом, по словам теннисистов, от работы не отвлекают, а напротив, даже способствуют умственному процессу.

«Пищу для ума» сотрудникам ИФМ в изобилии предоставляет библиотека. На высоких стеллажах под потолок – большой архив специализированных журналов, научная и техническая литература, свежая периодика. Это один из самых тихих уголков института, из окон которого открывается прекрасный вид – зеленеющие холмы, разлив Волги и вдалеке – деревенские домики. Случается, что из перелесков в гости к нам забегают зайцы, лисы и даже ласки. Пасторальному ландшафту вполне соответствует адрес института: Нижегородская область, Кстовский район, деревня Афононо, улица Академическая. Однако вид из окон противоположной стороны здания совершенно иной: оживленное Казанское шоссе, бизнес-центры, автосалоны, новостройки микрорайона Верхние Печёры.



Вид из окна библиотеки

Город, разрастаясь, с каждым годом всё ближе «подбирается» к стенам института: с севера, по улице Академической, уже поджимают пять новых жилых многоэтажек, норovia «подвинуть» забор. Руководство Нижегородского научного центра РАН стремится максимально использовать федеральный земельный участок, предоставленный в бессрочное пользование институту. Здесь планируется размещение установки класса мегасайенс «Международный центр исследования экстремальных световых полей», инновационного комплекса ННЦ РАН, помещений образованного в 2012 году Института проблем машиностроения РАН. На этапе проектирования находится строительство жилого дома для молодых ученых. Планы действительно большие.

Конечно, институт не может состоять из одних научных сотрудников. ИФМ РАН, который создавался по образцу европейских научных учреждений, в большинстве своем «камерных», получился со временем более населенным, а с увеличением числа ученых, естественно, возросла и численность сотрудников, поддерживающих «жизнеобеспечение». Инфраструктура института создавалась постепенно, и главным принципом все первые годы был минимализм, иногда то или иное подразделение состояло из одного человека. Долгое время (десять лет!) ИФМ пользовался услугами отдела кадров и режимного отдела ИФП РАН на договорной основе. В начале 90-х годов это было возможно, но с развитием бюрократических государственных структур нам пришлось пойти на увеличение управленческого аппарата. Доля вспомогательных подразделений в штате института сейчас составляет около 40%. При формировании этого коллектива всегда в первую очередь уделялось внимание созданию комфортной, благоприятной атмосферы, что положительно сказалось и на решении деловых вопросов, и на взаимоотношениях сотрудников «научной» и «вспомогательной» частей института.

Я развиваю науку! – так может с гордостью сказать любой из тех, кто ежедневно приходит на работу в ИФМ РАН».

И это действительно самое главное, по-видимому, в работе любого успешного научного коллектива: чтобы каждый сотрудник – и ведущий ученый, и начинающий исследователь, и инженер-технолог, и специалист вспомогательного подразделения – имел все основания гордиться своим профессиональным вкладом в общий успех. Не только в дни юбилея, но ежедневно.

Академику Р.И. Ильяеву – 75

9 октября 2013 года исполнилось 75 лет выдающемуся российскому физико-ядерщику и организатору науки, лауреату государственных премий СССР и Российской Федерации, Золотой медали им. А.Д. Сахарова РАН академику Р.И. Ильяеву, научному руководителю РФЯЦ-ВНИИЭФ.

Ильяев Радий Иванович родился в селе Тутура Иркутской области в семье учителя. В 1961 году он окончил Ленинградский госуниверситет по специальности «Теоретическая физика» и поступил на работу во ВНИИ экспериментальной физики (г. Арзамас-16, сейчас – г. Саров Нижегородской области), в котором и работает до настоящего времени. С 1961 по 1988 годы Р.И. Ильяев работал в теоретическом отделении института, где он сформировался как выдающийся ученый, внесший крупный вклад как в развитие физико-математических методов, связанных с созданием ядерного оружия, так и в развитие конкретных оружейных систем. В 1968 году он защитил кандидатскую диссертацию, а в 1980 году – диссертацию на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. С 1988 по 1993 год он работал начальником ведущего конструкторского отделения и первым заместителем главного конструктора, а с 1993 года – заместителем научного руководителя института. В 1996 году Р.И. Ильяев стал директором Российского федерального ядерного центра – ВНИИ экспериментальной физики (РФЯЦ-ВНИИЭФ). С 2008 года – научный руководитель РФЯЦ-ВНИИЭФ.



Р.И. Ильяев – выдающийся специалист в области теоретической и экспериментальной ядерной физики, и его основной вклад в создание отечественного ядерного и термоядерного оружия относится к разработке первичных источников термоядерных зарядов, зарядов переменной мощности, оружия со специальными поражающими факторами, к обеспечению надежности и безопасности ядерного оружия и исследованию воздействия поражающих факторов ядерного взрыва. Р.И. Ильяев является выдающимся организатором научно-технической деятельности в области разработки ядерного оружия и научно-технического сопровождения ядерного арсенала России.

Остановимся более подробно на ряде научно-технических достижений Р.И. Ильяева. Одной из основных характеристик первичных источников энергии в двухстадийных зарядах является удельный выход энергии для радиационной имплозии вторичного модуля. Р.И. Ильяевым был предложен способ увеличения этой основной характеристики до рекордной величины. Для первичных источников он исследовал вопросы влияния асимметрии имплозии на особенности бустерного режима работы, на основе которых он предложил способ исправления асимметрии, улучшения условий бустинга и повышения энерговыделения первичных источников. Этот способ получил широкое распространение при разработке многих типов первичных источников, лежащих в основе ядерного арсенала России. Эти исследования потребовали создания новых физико-математических моделей работы первичных источников на базе программ двумерной газодинамики, данных обработки большого количества специальных газодинамических экспериментов и результатов физических измерений многих натуральных экспериментов на ядерных полигонах. Результаты этих работ стали важным этапом в развитии физических методов разработки ядерного оружия в нашей стране. На их основе Радий Иванович защитил докторскую диссертацию.

Деятельность Р.И. Ильяева успешно сочетает теоретические исследования с постановкой и анализом данных различных экспериментов. Одной из важнейших характеристик ядерных и термоядерных зарядов является их энерговыделение. Р.И. Ильяев является

одним из авторов оригинального метода определения этого энерговыделения, за создание которого он удостоен в 1968 году Государственной премии СССР. Этот метод получил широкое распространение и был использован во многих натуральных испытаниях.

В середине 60-х годов остро встала проблема угрозы создания в США системы ПРО, оснащенной ядерными зарядами. Эта проблема потребовала проведения принципиально новых исследований, связанных с вопросами воздействия различных видов поражающих факторов ядерного взрыва на наши ядерные заряды и боеприпасы, с подтверждением необходимой степени их живучести. Р.И. Ильяев стал инициатором, одним из разработчиков и руководителей проведения специальных подземных натуральных опытов, в которых с максимальной степенью приближения к боевым условиям имитировались условия воздействия поражающих факторов ПРО противника на наши основные первичные источники. Эти работы продемонстрировали высокий уровень Р.И. Ильяева как физика-теоретика, так и физика-экспериментатора, а направление работ приобрело особую значимость в настоящее время в связи с выходом США из Договора по ПРО, работами по созданию национальной системы ПРО США и разработками средств противодействия системам ПРО.

Важнейший этап в совершенствовании отечественного ядерного оружия – создание термоядерных зарядов переменной мощности, что существенно расширило возможности их боевого применения и повысило эффективность различных боевых комплексов. Принципиальное значение в создании и развитии этого нового вида ядерных зарядов имели предложения по способу регулирования мощности двухстадийного заряда на принципе разделения потока теплового излучения первичного источника на части и изменения уровня радиационной имплозии вторичного модуля двухстадийного заряда и оригинальных схем реализации этого принципа. Необычность принципа потребовала реализации специального механизма процесса деления потока энергии и создания новых прецизионных трехмерных физико-математических моделей газодинамических процессов. Выдающаяся роль в формулировании, развитии и внедрении этих предложений принадлежит Р.И. Ильяеву, он был непосредственным участником и научным руководителем работ по физико-математическому моделированию процессов, происходящих в термоядерных зарядах этого класса.

Успешная реализация этих работ подтвердила правильность выбранного научно-технического подхода для создания зарядов переменной мощности, а также высокую степень адекватности развитых физических представлений и созданных физико-математических моделей. Этот комплекс работ стал одним из краеугольных камней, на которых основана вся существующая система физико-математического моделирования процессов, происходящих в ядерных зарядах, – наш основной инструмент научно-технического сопровождения ядерного оружия в отсутствие ядерных испытаний. Р.И. Ильяев за работы по этому направлению был удостоен в 1994 году Государственной премии Российской Федерации.



Ю. Б. Харитон и Р. И. Ильяев

В середине 70-х годов США развернули обширную программу по созданию нейтронных зарядов для оснащения различных видов вооружений. Разработки США были реализованы и поступили на вооружение на территориях стран НАТО. Это был военный и политический вызов, который требовал адекватного ответа.

По инициативе Р.И. Ильяева были разработаны заряды повышенной мощности с повышенными специальными поражающими факторами. Для решения этой задачи потребовалось создать специальные первичные источники в существенно асимметричной конфигурации с работой в бустерном режиме. Фундаментальная научная проблема, которую необходимо было решить в ходе разработки, была связана с необходимостью исправления исходной асимметрии в процессе имплозии и обеспечением устойчивости работы бустерного режима. Эта проблема была успешно решена при непосредственном участии и под научным руководством Р.И. Ильяева. В результате был дан конструктивный ответ на вызов Запада. Эти работы потребовали создания прецизионных физико-математических моделей работы первичных источников в существенно двумерном режиме имплозии. Их успешная реализация является существенным элементом подтверждения широких возможностей существующей методологии расчетов работы первичных источников. Р.И. Ильяев за работу по этому направлению был удостоен в 1981 году Государственной премии.

Первостепенной характеристикой ядерных зарядов является их безопасность. На протяжении всей своей деятельности Р.И. Ильяев много и плодотворно работал в области обеспечения безопасности ядерного оружия: проводил многочисленные расчетно-теоретические исследования, руководил анализом специальных газодинамических экспериментов, разработал постановку целого ряда натуральных экспериментов по определению степени ядерной взрывобезопасности многих типов первичных источников. Эти работы потребовали создания и развития специальных физико-математических моделей работы ядерных зарядов в аварийных режимах на основе методов двумерной газодинамики и переноса нейтронов. Радий Иванович энергично содействовал переходу в первичных источниках на использование новых прогрессивных видов взрывчатых веществ, что привело к повышению их безопасности и расширению эксплуатационных возможностей.

Под руководством Р.И. Ильяева были разработаны новые меры повышения безопасности ядерных зарядов, которые предусматривали создание и внедрение в первичные источники специальных элементов для повышения их безопасности и использование взрывчатых веществ повышенной безопасности. С конца 80-х годов работы в рамках этих подходов интенсивно развиваются, и часть решений внедрена в практику.

В связи с сокращением значительной части ядерного арсенала остро встали вопросы безопасности на стадиях демонтажа, транспортировки и хранения ядерных зарядов, боеприпасов и их компонентов. Под руководством Р.И. Ильяева был выполнен обширный комплекс работ по обеспечению безопасности ядерных зарядов на этих стадиях жизненного цикла. В последние годы он много внимания уделяет развитию новых подходов в обеспечении гарантированной защиты ядерных зарядов и боеприпасов от их несанкционированного применения.



Награждение победителей конкурса молодых ученых в музее ядерного оружия

Под его руководством и при его личном участии выполнен цикл теоретических и экспериментальных работ по изучению развития цепной реакции в условиях существенно асимметричной гидродинамики среды. Эти работы стали основой для создания физико-математических моделей развития нейтронно-ядерных процессов в условиях асимметричной имплозии, верифицированных по результатам натуральных экспериментов с конкретными физическими устройствами. В практическом плане эти работы имеют первостепенное значение для решения вопросов безопасности ядерного оружия.

Р.И. Ильяев является выдающимся исследователем бустинга – процессов гидродинамического, радиационного нейтронного взаимодействия, гетерогенных и гомогенных сред «ядерной» и «термоядерной» плазмы, приводящих к «ядерному автокатализу». Им теоретически и экспериментально исследовано влияние на бустинг таких определяющих факторов, как структура полей давления и температуры, темп роста энерговыделения и геометрическая структура плазмы. Важнейшее значение имеет его вклад в изучение влияния изотопного состава «термоядерной плазмы», связанный непосредственно с решением такой практической задачи, как обеспечение надежности ядерного оружия. За работы в области физики термоядерной плазмы Р.И. Ильяеву в 2006 году присуждена Золотая медаль им. А.Д. Сахарова РАН.

Р.И. Ильяевым сформулирована задача достижения максимальной направленности потока излучения, создаваемого ядерным взрывом, для повышения эффективности радиационной имплозии и предложен практический способ ее решения. Под его руководством и им лично проведен обширный цикл теоретических и экспериментальных работ по изучению структуры полей излучения в различных конфигурациях гетерогенной плазмы. Практическим результатом этих работ явилось создание высокоэффективного ядерного заряда, ставшего одной из основ современной системы ядерных вооружений.

Р.И. Ильяев является идеологом и организатором создания нового поколения мощных лазерных установок в интересах решения проблемы лазерного термоядерного синтеза, у истоков которой стоял А.Д. Сахаров. Под его руководством разработана концепция мощной лазерной установки нового поколения УФЛ-2М, практическая реализуемость которой продемонстрирована созданием ее модуля – лазерной установки «Луч». Под руководством Р.И. Ильяева исследован широкий спектр вопросов работы термоядерных мишеней, включая процессы развития термоядерных реакций в условиях асимметричной имплозии и переноса излучения в гетерогенной плазме.

Под руководством Р.И. Ильяева в последние годы интенсивно развиваются научные основы и разрабатывается новая технология изучения поведения делящихся материалов в специальных натуральных неядерновзрывных экспериментах. Создание этой технологии и развитие средств ее диагностики позволили существенно расширить возможности исследований динамики ядерных взрывных устройств в условиях действия Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний. Тем самым Россия получила важный ядерно-физический метод для решения вопросов обеспечения надежности и безопасности ядерного арсенала.

Научный подход Р.И. Ильяева, который можно охарактеризовать как выработку способов управления динамикой «ядерной» и «термоядерной» плазмы, их экспериментальное подтверждение и внедрение в практику, полностью созвучен научному методу А.Д. Сахарова, который сочетал выработку первоклассных научных идей, их теоретическое развитие и экспериментальную реализацию.

Научно-технические достижения Р.И. Ильяева по укреплению национальной безопасности отмечены кроме государственных премий (1968, 1981, 1994 годы), о которых говорилось выше, благодарностями Президента России (1998, 2003 годы), орденом «За заслуги перед Отечеством» III степени (2000), орденом Почета (2004), орденом «За заслуги перед Отечеством» II степени (2008). Р.И. Ильяеву присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки РФ» (1999). В 2006 году он удостоен Премии Правительства Российской Федерации, а в 2012 году Государственной Премии Российской Федерации имени маршала Г.К. Жукова. В 1994 году он избран академиком Российской академии ракетных и артиллерийских наук, в 2000 году – членом-корреспондентом, а в 2003 году – действительным членом Российской академии наук по Отделению ядерной физики.

Он является председателем НТС ЯОК ГК «Росатом», председателем НТС РФЯЦ-ВНИИЭФ, председателем диссертационного сове-

та РФЯЦ-ВНИИЭФ, председателем секции НТС ВПК, председателем специализированного совета ВАК.

Р.И. Ильяева отличают глубокий и целеустремленный подход ко всем вопросам, которые он решает, широкий научный кругозор, нацеленность на достижение конкретных результатов, крепкая деловая хватка. Он является настоящим патриотом России, активным поборником восстановления могущества нашего государства. Для Радия Ивановича характерны демократизм в общении, стремление понять точки зрения собеседников и оппонентов, вдумчивая работа над выработкой собственной позиции и ее бескомпромиссное отстаивание и проведение в жизнь.

С начала 90-х годов Р.И. Ильяев руководит работой по реорганизации и адаптации деятельности РФЯЦ-ВНИИЭФ в новых условиях: проведена реструктуризация Федерального ядерного центра, в составе которого эффективно работает целая система научных институтов и КБ – Институт теоретической и математической физики, Институт физики взрыва, Институт лазерно-физических исследований, Институт ядерной и радиационной физики, Научно-технический центр по изучению высоких плотностей энергии и ряд других центров. Все эти организации, с одной стороны, работают над самостоятельными крупными научно-техническими направлениями и проблемами, а с другой стороны, их усилия объединены при решении общих масштабных задач РФЯЦ-ВНИИЭФ, связанных с задачами ядерных вооружений. Такой подход позволил существенно повысить эффективность работы РФЯЦ-ВНИИЭФ, создать оптимальные условия для использования научного потенциала и профессионального роста научно-технических специалистов.

Особую роль в области работ по ядерному оружию и при проведении фундаментальных и конверсионных исследований играют расчетно-вычислительная база и программное обеспечение РФЯЦ-ВНИИЭФ. Р.И. Ильяев является идеологом и руководителем развития вычислительного комплекса РФЯЦ-ВНИИЭФ как на основе разработок и использования мощных ЭВМ, так и широкого внедрения в научно-производственную деятельность персональных компьютеров. ВЦ РФЯЦ-ВНИИЭФ – крупнейший вычислительный центр России.

Р.И. Ильяев внес определяющий вклад в эффективное развитие газодинамического комплекса РФЯЦ-ВНИИЭФ – одного из основных комплексов разработки, обоснования надежности и безопасности ядерного оружия нашего государства. В созданном по его инициативе в системе РФЯЦ-ВНИИЭФ Институте физики взрыва проводятся масштабные исследования взрывных процессов, связанные с работой ядерного оружия и неядерных вооружений, использованием взрывных технологий для решения конверсионных задач, развиваются новые методы и технологии создания различных взрывчатых составов.

В РФЯЦ-ВНИИЭФ на основе импульсных ядерных реакторов на быстрых и тепловых нейтронах и импульсных ускорителей электронов созданы мощные облучательные комплексы, работающие по специальным программам в интересах обеспечения надежности ядерного арсенала нашей страны.

Р.И. Ильяев является инициатором и руководителем научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области создания боевого оснащения комплексов неядерных вооружений. Выполненные и проводимые в РФЯЦ-ВНИИЭФ научные исследования в областях кумуляции, взрывного формирования поражающих элементов, направленного метания, создания адаптивной автоматики позволили разработать боевые части на уровне лучших мировых образцов.

Р.И. Ильяев энергично поддерживает и содействует развитию конверсионных работ – конверсии науки, инженерно-технической деятельности и производства. Он является инициатором создания Открытого Саровского технопарка для использования научно-технологического и кадрового потенциала РФЯЦ-ВНИИЭФ в инновационной деятельности с целью получения как прямого экономического эффекта, так и для диверсификации видов работ в Сарове. В результате значительных усилий первая очередь Технопарка была торжественно открыта осенью 2006 года.

Необходимо отметить его исключительно бережное отношение к кадровому потенциалу института. Такой подход позволил в тяжелых экономических условиях 90-х годов избежать больших социальных конфликтов и сохранить РФЯЦ-ВНИИЭФ как активную действующий научно-технический центр России, решающий новые задачи и обеспечивающий научно-техническое сопровождение нашего ядерного арсенала.

Р.И. Ильяев является одним из инициаторов и активным руководителем развития международного сотрудничества РФЯЦ-ВНИИЭФ, в том числе с ядерными лабораториями США. Ее начало можно отнести к 1992 году, когда состоялось беспрецедентное событие – визит делегации директоров американских ядерных оружейных лабораторий в РФЯЦ-ВНИИЭФ. Международное сотрудничество стало развиваться в таких областях, как физика высоких плотностей энергии и математическое моделирование. В 1995 году по инициативе Р.И. Ильяева стало развиваться международное сотрудничество РФЯЦ-ВНИИЭФ в области разработки и сертификации контейнеров для обращения с ядерными материалами. Это направление работ является высокоприоритетной деятельностью в области обеспечения безопасности. Под руководством Радия Ивановича были разработаны российско-американские контейнеры АТ-400Р для хранения делящихся материалов. Эти работы привели к созданию в институте Всероссийского центра по сертификации специальных контейнеров.

С 1997 года РФЯЦ-ВНИИЭФ по инициативе Р.И. Ильяева стал участвовать в работах ЦЕРНа по реализации глобального проекта «Большой адронный коллайдер». Целью проекта является изучение свойств «первоматерии» (кварк-глюонной плазмы), из которой состоит Вселенная в начале ее возникновения. РФЯЦ-ВНИИЭФ разрабатывает уникальные детекторы фотонного и мюонного спектрометров, входящих в физическое оборудование эксперимента ALICE в составе этого проекта.

Благодаря личному участию и поддержке Р.И. Ильяева РФЯЦ-ВНИИЭФ установил научные связи и ведет плодотворное научное сотрудничество с многими мировыми ядерными исследовательскими центрами и международными организациями, включая все ведущие национальные лаборатории США, Комиссариат по атомной энергии Франции, ЦЕРН, Ядерный центр Олдермастон Великобритании, Китайскую академию инженерной физики, Международное агентство по атомной энергии. Р.И. Ильяев всегда уделяет много внимания таким важнейшим видам международного сотрудничества, как участие специалистов РФЯЦ-ВНИИЭФ в проектах Международного научно-технического центра, тематика которых чрезвычайно интересна и разнообразна, и в программах по созданию систем учета, защиты и контроля делящихся материалов и радиационноопасных материалов, установок и объектов. Международное сотрудничество продемонстрировало возможности РФЯЦ-ВНИИЭФ как одного из ведущих мировых научно-технических центров и существенно расширило спектр тематики ведущихся исследований.

Р.И. Ильяев ведет плодотворную общественную деятельность. Как руководитель РФЯЦ-ВНИИЭФ – основного градообразующего предприятия Сарова, который является святым местом русского православия, связанным с именем преподобного Серафима Саровского, – он много сделал для восстановления и бережного отношения к местам, связанным с деятельностью этого высокопочитаемого святого. Во многом благодаря усилиям Р.И. Ильяева удалось в сложных условиях сбалансировать интересы Российского ядерного центра и Русской Православной церкви. За эту деятельность Р.И. Ильяев награжден тремя орденами Русской Православной церкви. В 2005 году за свою общественную работу он был удостоен международной премии Андрея Первозванного «За веру и верность».



Лидия Александровна и Радий Иванович Ильяевы
на ежегодном лыжном мемориале памяти Б. Г. Музрукова

Он организатор и участник большого числа конференций самого различного уровня. Под его руководством РФЯЦ-ВНИИЭФ организует и проводит крупные научные конференции, многие из которых стали традиционными и имеют высокий международный статус. К ним относится, например, традиционная международная конференция Научные Харитоновские чтения. К настоящему времени уже проведено более 10 таких конференций, в каждой участвовало 200–300 ведущих специалистов из многих российских и зарубежных научных организаций. Р.И. Ильяев активно излагает свои взгляды в средствах массовой информации и в специализированных изданиях.

Под руководством Р.И. Ильяева создано несколько научных школ. Его ученики плодотворно работают в различных областях теоретической и экспериментальной физики над решением как фундаментальных научных проблем, так и актуальных вопросов поддержания и модернизации ядерного арсенала России.

В настоящее время в системе РФЯЦ-ВНИИЭФ работает более 400 кандидатов наук и более 100 докторов наук. Под руководством Р.И. Ильяева РФЯЦ-ВНИИЭФ активно и плодотворно сотрудничает

в работах по фундаментальным и прикладным проблемам с ведущими институтами Российской Федерации. РФЯЦ-ВНИИЭФ поддерживает активные научные связи со многими зарубежными организациями, академическими и отраслевыми институтами России, в том числе с такими крупными научными центрами Поволжья, как Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Опытное конструкторское бюро машиностроения, НИИ измерительных систем.

РФЯЦ-ВНИИЭФ является крупнейшим научно-технологическим центром Поволжского федерального округа и одним из уникальных научно-технологических центров России мирового уровня, стоящим в одном ряду с такими всемирно известными организациями, как Лос-Аламосская и Ливерморская национальные лаборатории США.

Р.И. Ильяев – почетный гражданин Нижегородской области, Республики Мордовия и города Саров.

В том, что в России существует и активно работает такой замечательный институт, как РФЯЦ-ВНИИЭФ, выдающееся значение имеет неустанная и многогранная работа его научного руководителя – академика РАН Р.И. Ильяева.

ТОЧКИ РОСТА

В мае 2012 года Президиум РАН принял решение об организации Института проблем машиностроения РАН. Новый институт стал пятым учреждением в составе Нижегородского научного центра РАН, и спектр исследований академической науки в регионе расширился в область актуальных проблем отечественного машиностроения.

Институт проблем машиностроения РАН

Институт проблем машиностроения Российской академии наук (ИПМ РАН) – академическое учреждение, созданное на базе Нижегородского филиала Института машиноведения им. А.А. Благонравова (НФ ИМАШ) РАН (постановление Президиума Российской академии наук от 29 мая 2012 г. № 121). Институт занимается фундаментальными и прикладными исследованиями в области машиностроения, и главной его задачей является решение актуальных проблем отечественного машиностроения на базе передовых достижений современной фундаментальной науки.

НФ ИМАШ РАН в нашем городе был образован одновременно с аналогичными филиалами в Ленинграде (Санкт-Петербурге), Свердловске (Екатеринбурге), Куйбышеве (Самаре) и Саратове в 1986



Академик К.В. Фролов

году. Инициатором открытия филиалов ИМАШ в крупных промышленных центрах страны выступил академик К.В. Фролов, который так обосновывал необходимость этого шага: «Наивно полагать, что кто-то продаст или поставит нам действительно перспективные технологии как потенциальным конкурентам в науке и производстве. Выход у нас только один – научиться создавать и быстро осваивать свои собственные эффективные технологии, способные обеспечивать выпуск продукции, конкурентоспособной как на внутреннем, так и на мировом рынках. Для этого необходимо сконцентрировать сохранив-

шиеся научные силы в прочные, достаточно мобильные и надежно управляемые научно-технические комплексы, способные в сжатые сроки решать поставленные задачи. Базой для таких перспективных комплексов может и должна стать Российская академия наук».

НФ ИМАШ РАН успешно работал над проблемами повышения надежности, долговечности и износостойкости машин и конструкций; разрабатывал новые упрочняющие материало- и ресурсосберегающие технологии; технологии получения и формообразования высокопрочных субмикрон- и нанокристаллических материалов; решал проблемы динамики скоростного транспорта, проблемы защиты от вибраций и шума; разрабатывал новые методы диагностики материалов и конструкций. Результаты научных исследований НФ ИМАШ РАН внедрены на ряде предприятий Нижегородской области и Волго-Вятского региона, таких как «Волготрансгаз», ОАО «Газпром», ОАО «Верхневолжскнефтепровод» АК «Транснефть», ОАО РЖД (Горьков-

ская железная дорога), ОАО ГАЗ, Заволжский моторный завод, НПО «Сатурн» (г. Рыбинск), ОАО СНТК им. Н.П. Кузнецова (г. Самара) и др. Экономия материальных средств от внедрения разработок только за последние 5 лет составила более 300 млн. руб.

Для региона с развивающейся промышленностью, в которой машиностроение занимает одно из ведущих мест, сотрудничеству науки с производством придается особое значение. В феврале 2011 года на заседании совета по науке и инновационной политике при губернаторе Нижегородской области по инициативе председателя ННЦ РАН академика А.Г. Литвака рассматривался вопрос о преобразовании Нижегородского филиала Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН в самостоятельный институт РАН. По итогам обсуждения губернатор области В.П. Шанцев обратился к президенту РАН академику Ю.С. Осипову с просьбой о положительном решении этого вопроса, подчеркнув при этом высокую степень сотрудничества НФ ИМАШ РАН с промышленными предприятиями региона.

Основными направлениями деятельности ИПМ РАН являются:

- упрочнение, ресурсо- и энергосберегающие технологии обработки материалов. Технологии точного формообразования деталей и конструкций;
- повышение надежности и ресурса машин и конструкций за счет увеличения износостойкости, коррозионной и эрозийной стойкости, усталостной прочности материалов;
- проблемы разработки и использования наноматериалов и нанотехнологий в машиностроении. Физика и механика пластического деформирования и разрушения материалов, наноматериалов и покрытий в условиях экстремальных нагрузок и температур;
- волновые и вибрационные процессы в материалах и конструкциях. Виброакустика, методы и средства неразрушающего контроля и диагностики строения материалов и конструкций. Создание адаптивных систем виброзащиты машин.

В настоящее время в институте работают 8 научно-исследовательских лабораторий:

- высокопрочного состояния и сверхпластичности конструкционных материалов;
- волновых процессов в материалах и конструкциях;
- исследования наноматериалов;
- виброзащиты машин;
- лазерных технологий;
- плазменных технологий и полифункциональных покрытий;
- экспериментальной механики;
- неразрушающего контроля и диагностики материалов и конструкций.



Промышленный газотурбинный двигатель с лопатками, модернизированными специалистами ИПМ РАН методом газоплазменного напыления комбинированных жаростойких и теплозащитных покрытий

В институте большое внимание уделяется научному потенциалу сотрудников. Здесь многие годы научной деятельностью занимается академик РАН Федор Михайлович Митенков (по совместительству), трудятся 9 докторов и 29 кандидатов наук, проводится активная работа по привлечению научной молодежи. Возглавляет институт доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ Владимир Николаевич Перевезенцев.

Основные научные результаты и достижения за последние пять лет

1. Развита новая методика описания процесса возникновения и эволюции разориентированных структур при пластической деформации материалов, в основе которой лежит рассмотрение самосогласованной динамики дислокационного ансамбля в упругом поле мезодефектов (дисклинаций и скоплений дислокаций ориентационного несоответствия), возникающих на морфологических особенностях внутренних границ раздела вследствие локальной неоднородности пластического течения. Показано, что оборванные субграницы имеют сугубо кинетическую природу возникновения. Формирование оборванных субграниц и полос переориентации приводит к снижению упругой энергии системы за счет эффекта экранирования полей напряжений от мезодефектов, уменьшению градиентов полей внутренних напряжений и выравниванию скорости пластической деформации в объеме зерен. Развита методика компьютерного моделирования процесса фрагментации. Данный подход представляет весьма перспективным для создания строгой теории фрагментации и методов расчета параметров структуры металлов и сплавов при упрочняющей обработке, а также выборе схем и оптимизации режимов интенсивной пластической деформации при получении нанокристаллических материалов.

2. Получен новый микрокристаллический (МК) сплав Al - 20 вес.% Si - 5 вес.% Fe - 2 вес.% Ni (далее по тексту «Al-20%Si») с использованием технологии равноканального углового прессования. Сплав имеет однородную микроструктуру, средний размер частиц кремния составляет 2 мкм. Обнаружен эффект высокоскоростной сверхпластичности МК-сплава Al-20%Si. При температурах деформации 500–540 °С в широком диапазоне скоростей деформации $2 \cdot 10^{-4}$ – $3 \cdot 10^{-1}$ с⁻¹ удлинение до разрушения составляет порядка 400%, коэффициент скоростной чувствительности – 0,4. Обнаружен также эффект одновременного повышения пластичности и прочности МК-сплава Al-20%Si при комнатной температуре. Показано, что удлинение до разрыва образцов МК-сплава Al-20%Si составляет 10–12 %, что в 5 раз выше аналогичных значений, получаемых на крупнокристаллических образцах. Значительное увеличение пластичности МК-сплава Al-20%Si сопровождается повышением прочности: предел прочности в МК-образцах составляет 375 МПа против 300 МПа в исходном крупнокристаллическом силумине.

3. Проведены экспериментальные исследования акустическим методом ряда широко используемых в машиностроении сталей, подвергаемых циклическому нагружению. Исследования показали, что в области малоциклового усталости разрушение сопровождается интенсивным изменением частотно-зависимого затухания и незначительным изменением акустической анизотропии, в то время как при разрушении в процессе статического нагружения наблюдается изменение как частотно-зависимого затухания, так и величины акустической анизотропии, отражающей формирование текстуры деформации. Получены зависимости, связывающие поврежденность сплавов с акустическими параметрами, отражающими процесс формирования текстуры деформации и накопления микродефектов. На основе полученных данных разработан акустический метод разделения поврежденностей, накапливающихся при статическом и усталостном нагружении. Для оценки величины повреждения в области многоциклового усталости предложен способ, при котором оптическим методом на поверхности материала выявляются зоны, подверженные микропластическим деформациям. Интенсивность разрушения в зонах оценивается акустическим методом. Способ позволяет оценить величину повреждения материала на ранних стадиях разрушения, до образования макротрещины.

4. Исследованы возможности использования акустического метода определения механических напряжений в области их концентрации. На основе прецизионных измерений скоростей упругих волн экспериментально определено напряженное состояние пластины с отверстием при приложении к ней растягивающей нагрузки, не превышающей 0,8 от предела текучести материала. Ультразвуковые измерения проведены эхо-импульсным методом неразрушающего контроля. В непосредственной близости к отверстию, где происходит резкое увеличение напряжения, различие данных акустических измерений и расчета методом конечных элементов не превысило 10 МПа, что подтверждает возможность применения метода акустоупругости при измерениях напряженного состояния элементов конструкций с концентраторами напряжений.

5. С целью повышения ресурса высокоскоростных подшипников специального назначения разработаны режимы упрочняющей ионно-лучевой обработки пар трения. В результате оптимизации параметров частотно-импульсной имплантации ионами углерода (на ускорителе «Радуга» с энергией ионов $E = 60$ кэВ при дозе облучения $\sim 1,4 \cdot 10^{17}$ см⁻²) достигнуто повышение микротвердости рабочих поверхностей игл из стали У-10 примерно на 30%, что позволило повысить износостойкость высокоскоростных (~ 106000 об/мин) пар трения «игла-подпятник» в 3–4 раза.

6. Предложен метод гашения резонансных колебаний роторных систем, согласно которому амплитуды таких колебаний могут быть существенно уменьшены без использования дополнительных демпфирующих систем или изменений вязко-упругих свойств системы. Гашение колебаний представляет собой результат подмешивания к частоте вращения исполнительного механизма (электродвигателя) гармонической составляющей с определенной амплитудой и частотой. Метод может быть использован для гашения резонансных колебаний роторных систем любого типа. С помощью предложенного метода возможен плавный переход из дорезонансных в послерезонансные режимы.



Процесс диагностики регулирующего кольца (Жигулевская ГЭС)



Объект диагностики – лопатки направляющего аппарата гидроагрегата Нижнекамской ГЭС (вес 7 тонн, длина 7 метров, 60 лопаток в агрегате)

7. На базе оптоакустических измерителей разработан переносной измерительно-вычислительный комплекс для ранней оперативной диагностики усталостного разрушения материалов конструкций. Оценка поврежденности осуществляется с помощью контроля микропластических деформаций на поверхности материала оптическим методом и определения деградации структуры материала до образования макротрещины акустическим методом в объеме исследуемого сплава. Данный комплекс позволяет диагностировать разрушение как на отдельных образцах, так и на элементах конструкций.

8. Разработана и использована в опытном производстве на предприятиях Росатома технология нанесения демпферных износостойких покрытий с наноструктурированной тонкой структурой зерен кубической фазы нитрида титана (размер зерен 30–70 нм) на контактные поверхности «полуосей» высокоскоростных пар трения для обеспечения контактно-касательных переходов критических оборотов и работы машины в аварийных режимах.

9. Предложен метод бесконтактной стабилизации режима стационарного вращения роторных систем с проводящей жидкостью при изменении параметров систем, возникающих в процессе эксплуатации. Метод основан на использовании осевого (вдоль оси вращения ротора) постоянного магнитного поля для подавления резонансного возбуждения волн в проводящей жидкости, играющего основную роль в возникновении неустойчивости.

10. Разработана методика определения состояния материала конструкций на ранней стадии разрушения с помощью акустических и оптических измерений. Определены величины критических значений физических параметров, соответствующих зарождению магистральных трещин в материале конструкции. Методика реализована на базе переносного акустического и металлографического комплексов и проверена на стали 08X18H10T, широко используемой для изготовления конструкций ядерных энергетических установок.

11. Разработана и апробирована гидравлическая виброопора с магнитореологическим наполнителем для демпфирования колебаний силовых агрегатов транспортных средств и стационарных энергетических установок. Она обладает следующими преимуществами по сравнению с традиционными гидроопорами: частотный диапазон демпфирования увеличивается в 2,5 раза; демпфирование в частотном диапазоне 10–100 Гц увеличивается в среднем на 3–4 дБ; возможность настраивать виброопору на демпфирование определенных частот в процессе эксплуатации. Получены два патента РФ.

12. Впервые показано, что предварительное лазерное облучение нанокристаллических сплавов системы Al-Mg-Sc низкоэнергетическими (5–7 Дж, $\tau \sim 10^{-3}$ с) импульсами приводит к существенному (на 10–25%) снижению энергии, необходимой для плавления сплавов. Установлена связь этого эффекта с увеличением концентрации вакансий в поверхностном слое. Обнаруженный эффект может найти применение для разработки технологий твердофазного соединения и прецизионной сварки конструкционных наноматериалов.

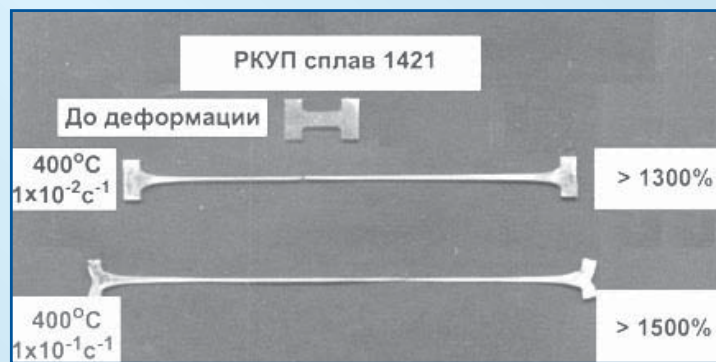
Инновационные разработки последних лет

- Технология нанесения функциональных наноструктурированных покрытий для изделий машиностроения. Метод заключается в организации атомной структуры покрытия в процессе его напыления таким образом, что сформированное покрытие представляет собой, по существу, сложную конструкцию с несколькими переходными слоями, внешний из которых состоит из зерен нанометрового размера. Наноструктурированные покрытия позволяют существенно повысить такие эксплуатационные характеристики, как предел выносливости, износостойкость, коррозионная стойкость и в конечном счете в разы увеличить ресурс изделия. Методика апробирована в различных областях машиностроения, в частности для продления ресурса компрессорных лопаток турбин газоперекачивающих агрегатов и авиационных двигателей.

- Портативный измерительно-вычислительный комплекс для раннего предупреждения разрушения конструкций. Комплекс позволяет диагностировать силовые элементы конструкций на раннем этапе их разрушения и отслеживать накопление повреждений на микроуровне. Комплекс прошел апробацию на Нижнекамской ГЭС и ОАО «ОКБМ Африкантов».

- Гидравлическая виброопора с магнитореологическим наполнителем для демпфирования колебаний силовых агрегатов транспортных средств и стационарных энергетических установок. Обладает следующими преимуществами по сравнению с традиционными виброопорами: частотный диапазон демпфирования увеличивается в 2,5 раза; демпфирование во всем частотном диапазоне увеличивается в среднем на 3–4 дБ; появляется возможность настраивать виброопору на демпфирование определенных частот в процессе эксплуатации.

- Алюминиевые сплавы с эффектом высокоскоростной сверхпластичности. Сверхпластическое состояние материала достигается путем специального воздействия, позволяющего создать в нем структуру, состоящую из нанокристаллитов, разделенных аморфными прослойками. После этого высокопрочный сплав может при определенных температурах деформироваться подобно пластилину, принимая под воздействием сжатого газа нужную форму. Таким образом возможно изготавливать необходимое изделие сложной формы за весьма небольшие времена порядка десятков секунд.



Эффект сверхпластичности алюминиевых сплавов

- Лазерная технология прецизионной обработки тонколистовых материалов. Технология основана на применении импульсного лазера, работающего в режиме свободной генерации, с дополнительной ступенью резонатора, устанавливаемой с обратной стороны мишени. Режим модулированной добротности включается в момент образования сквозного отверстия и обеспечивает формирование регулярных лазерных импульсов, попадающих на мишень с обратной стороны. В результате в материале формируется либо осесимметричное отверстие, либо тонкий разрез со стенками, перпендикулярными поверхности мишени (при движущейся мишени). Технология позволяет существенно повысить качество и эффективность размерной обработки. На основе этой разработки создан новый многофункциональный технологический лазер.

Материал подготовил д.ф.-м.н., профессор В.И. Ерофеев, заместитель директора ИПМ РАН по научной работе

Раздвигая рубежи

28 июля – 2 августа 2013 года на борту теплохода «Георгий Жуков» была проведена V Международная конференция «Frontiers of Nonlinear Physics» («Рубежи нелинейной физики»), организованная Институтом прикладной физики РАН. Как и четыре предыдущие под тем же названием, она была сфокусирована на передовых достижениях нелинейной физики, которые действительно можно отнести к рубежам этой междисциплинарной области исследований.

История международных конференций «Frontiers of Nonlinear Physics» началась в 2001 году, когда отмечалось 100-летие со дня рождения академика А.А. Андропова. И в том же году, после успешного проведения в стенах ННГУ первой конференции с таким названием, было принято решение о превращении «Frontiers...» в регулярную, раз в три года, конференцию широкого профиля, охватывающую ключевые разделы нелинейной физики и смежных наук. Именно широта программы и тематики обсуждений, положенная изначально в основу конференции, стала своего рода ее фирменным отличительным знаком. А «теплоходный» формат конференции только способствует интенсивному обсуждению свежих идей и результатов, продолжающихся и за рамками заседаний, в неформальной обстановке. Он же позволяет сочетать насыщенную научную программу с экскурсиями в интересных местах по маршруту теплохода, что также является привлекательным фактором для многих участников (более подробный материал о первых конференциях помещен на страницах «Нижегородского потенциала» в № 1 (3) за 2011 г.)

В конференции 2013 года участвовали ученые из 22 стран. В общей сложности был представлен 151 доклад, 38 докладов из них были пленарными, еще 55 — приглашенными на секциях. На конференции работали 5 тематических секций, в рамках которых прошли 5 мини-симпозиумов, посвященных обсуждению отдельных актуальных тем в соответствующих областях. Традиционно высокий для конференции уровень участников подтвердился и на этот раз. В ее работе приняли участие действительные члены РАН (Г.С. Голицын, В.В. Железняков, В.Е. Захаров, Л.М. Зеленый, А.Г. Литвак, О.В. Руденко, иностранный член РАН Ж. Муру), руководители проектов по мегагрантам Правительства РФ (К. Уеда, С. Турицын, А. Пухов, С. Зилитинкевич), президент Американского физического общества Д. Стрикланд, генеральный директор Европейского проекта Extreme Light Infrastructure В. Санднер.

Остановимся на кратком обзоре обсуждавшейся тематики. Подробнее познакомиться с материалами этой и предыдущих конференций можно на сайте www.fnp.sci-nnov.ru

Среди вопросов, осуждавшихся на секции «Общие вопросы нелинейной динамики и нелинейных волновых явлений», можно отметить результаты исследований свойств живых и искусственных нейронных систем и моделирования интеллектуальных функций мозга. Такие системы способны не только передавать и обрабатывать посту-

пившую информацию, но и генерировать новую (доклады проф. В.И. Некоркина, В.В. Клиньшова и Д.Г. Захарова из ИПФ РАН). В докладе акад. В.Е. Захарова (ФИАН и Университет Аризоны, США) анализировалась нелинейная стадия модуляционной неустойчивости конденсата в рамках нелинейного уравнения Шредингера. Два других доклада, представленные акад. О.В. Руденко (МГУ, ННГУ) и проф. С.Н. Гурбатовым (ННГУ), были посвящены эволюции нелинейных случайных волн, описываемой в рамках интегро-дифференциальных уравнений. Пленарная лекция проф. М.А.Ф. Санжуана (Университет им. Х. Карлоса, Испания) была посвящена методу частичного управления хаотической системой, цель которого – избежать нежелательного поведения динамической системы без определения ее типичных траекторий. Проф. Т. Уета (Университет Токушимы, Япония) рассказал о возможности «восстановления» и стабилизации неустойчивой периодической траектории, которая уже исчезла в результате бифуркации двукратного предельного цикла. В докладе проф. Х. Беннера (Технический университет Дармштадта, Германия) обсуждались отличия в особенности управления синхронизации двух хаотических систем. Доклады, касающиеся физики нелинейных волн в биологических средах и медицинских приложений, были вынесены в отдельный мини-симпозиум «Волновые явления в биологических средах», который прошел под руководством акад. О.В. Руденко.

В последнее десятилетие благодаря успехам фемтосекундной оптики произошло освоение новых рубежей энергетических и временных характеристик лазерного излучения. Прежние рекордные значения мощности и напряженности электромагнитного поля, длительности оптического импульса были превзойдены сразу на несколько порядков, что открыло для исследований совершенно новые фундаментальные физические явления и целые области. Их рассмотрению была в основном посвящена секция «Физика экстремально

света и нелинейные процессы в плазме». На ней обсуждались доклады по разработке лазерных систем следующего поколения (проф. В. Санднер, ELI, Европейское Сообщество; К. Уеда, Университет электрокоммуникаций, Япония; чл.-корр. РАН А.М. Сергеев, ИПФ РАН; проф. Ж. Муру, Высшая политехническая школа, Франция; Н. Давидсон, Вейцмановский институт, Израиль; чл.-корр. РАН Е.А. Хазанов, ИПФ РАН; Д. Стрикланд, Оптическое общество США; С. Турицын, Университет Астона, Великобритания, и др.); по лазерно-плазменным методам ускорения заряженных частиц и генерации электромагнитного излучения с предельными параметрами (Ч. Нам, GIST, Корея; О. Вилли, Университет Дюссельдорфа, Германия; В. Быченков, ФИАН; Е. Неруш, ИПФ РАН, и др.), по взаимодействию мощного излучения с веществом, включая эффекты квантовой электродинамики (К. Кайтель, Институт Макса Планка, Германия; А. Заир, Имперский колледж Лондона, Великобритания; Н. Рохрингер, Институт Макса Планка, Германия; Л. Весте, Университет Берлина, Германия; Ж. Фукс, Высшая политехническая школа, Франция и др.), по плазменным технологиям (П. Макинтайр, Университет Техаса, США; И. Додин, Принстонский университет, США; А. Водопьянов, ИПФ РАН; С. Рыжков, МВТУ им. Баумана, и др.). Также в рамках данной секции под руководством проф. А. Пухова (Университет Дюссельдорфа, Германия, и ННГУ, Россия) прошел мини-симпозиум «Новые методы в моделировании взаимодействия мощного излучения с веществом».



Профессор Жерар Муру





Понимание роли нелинейных процессов в окружающей среде значительно обогатило современную геофизику. В последнее время наблюдается повышенный интерес к анализу обратных связей в климатических системах, разработке глобальных и мезомасштабных моделей циркуляции атмосферы и океана, изучению атмосферного электричества и фотохимии атмосферы, анализу временных рядов и структур, разработке методов усвоения геофизических данных. Методы нелинейной физики успешно применяются сегодня для описания природных катастроф, включая гидрометеорологические и морские катастрофы, оползни, лавины, сейсмические явления и т. п. Все эти исследования имеют большое значение не только с фундаментальной точки зрения, но и для развития методов и средств дистанционной диагностики и мониторинга окружающей среды, прогноза различных природных катаклизмов. Данным вопросам была посвящена секция «Нелинейные проблемы в геофизике». Большой интерес вызвали доклады, посвященные проблемам климата и атмосферного электричества (Р. Борнштейн, Университет Сан-Хосе, США; М. Либман, Университет Стокгольма, Швеция; С. Попель, Институт динамики геосфер РАН; А. Евтушенко, ИПФ РАН; Д. Кондрашов, Университет Калифорнии, США, и др.), микрофизике облаков и динамике аэрозоль в атмосфере (Г. Энглинг, Национальный университет, Тайвань; О. Поповичева, МГУ; Х.К. Ко, Вьетнамский национальный университет, и др.). Круг вопросов, связанных с геофизической турбулентностью, конвекцией, пограничными слоями, взаимодействием атмосферы и гидросферы, обсуждался на мини-симпозиуме «Нелинейные процессы в пограничных слоях» под руководством проф. С.С. Зилитинкевича (Финский метеорологический институт, Финляндия, и ННГУ, Россия).

Последнее десятилетие характеризуется впечатляющим прогрессом в области практического применения когерентности лазерного излучения для управления свойствами квантовых систем, включая атомарные и молекулярные газы, твердотельные структуры, ядерные среды и т. д. На этой основе ведется интенсивная разработка квантовых технологий, таких как квантовая криптография и квантовые телекоммуникации, квантовая память и обработка информации, цифровые и аналоговые квантовые вычисления и т. д. Нелинейным квантово-оптическим процессам и их приложениям была посвящена самая большая секция — «Нелинейные квантовые системы и квантово-оптические технологии». Большой интерес вызвали доклады, обсуждающие оптическое управление квантовыми системами (О. Кочаровская, Университет Техаса, США; Б. Сандерс, Университет Калгари, Канада; С. Шахрияр, Северо-Западный университет, США;



А. Желтиков, МГУ; А. Львовский, Университет Калгари, Канада; К. Фабре, Университет П. и М. Кюри, Франция; Ю. Лозовик, Институт спектроскопии РАН; М. Федоров, ИОФ РАН; М. Гартнер, Институт М. Планка, Германия, и др.), применение когерентной оптики для квантовых вычислений и квантовой памяти (П. Цоллер, Университет Инсбрука, Австрия; П. Гранье, Институт оптики, Франция; П. Хеммер, Университет Техаса, США; И. Зеленский, ИПФ РАН; А. Акимов, Российский квантовый центр; А. Калачев, Казанский физико-технический институт РАН, и др.). В рамках этой секции прошли сразу два мини-симпозиума: «Нелинейные процессы в метаматериалах» под руководством проф. В. Шалаева (Университет Пердью, США) и «Коллективные и когерентные эффекты в холодных газах и конденсированных средах» под руководством проф. Г. Шляпникова (CNRS, Франция).

Если обратиться от физики малых пространственных масштабов, характерных для квантовых систем, к астрофизике, то здесь также можно констатировать выдающиеся успехи, связанные, прежде всего, с развитием наблюдательной астрономии и с вводом в строй целой серии новых астрономических инструментов, как наземных, так и спутниковых. Они позволили получить принципиально новые астрономические данные, позволившие не только подтвердить известные теоретические модели и предположения (например, по анизотропии реликтового излучения, существованию черных дыр, экзопланет и т. д.), но и поставить новые фундаментальные проблемы (существование во Вселенной темной материи, темной энергии и т. д.). Отчасти успехи в объяснении полученных данных были достигнуты благодаря использованию методов нелинейной физики. Этой интересной тематике была посвящена секция «Нелинейные задачи в астрофизике». Среди прозвучавших здесь докладов можно выделить доклады акад. Л. Зеленого (Институт космических исследований РАН), проф. Р. МакКрэя (Университет Колорадо, США), С. Комиссарова (Университет Лидса, Великобритания), акад. Г. Голицына (Институт физики атмосферы РАН), чл.-корр. РАН Вл. Кочаровского (ИПФ РАН) и др.

Одной из важных целей конференции традиционно является привлечение молодых ученых к наиболее актуальным направлениям, их ориентация на активное участие в таких исследованиях. Среди участников V международной конференции «Frontiers of Nonlinear Physics» значительную часть составляли молодые ученые, как уже добившиеся значительных результатов, так и только начинающие свой путь в науке. Все они имели редкую возможность неформального общения с ведущими специалистами и обсуждения с ними проблем из самых различных областей современной нелинейной физики.

По окончании конференции были определены доклады, более других понравившиеся аудитории. Среди пленарных докладов «приз зрительских симпатий» получил доклад профессора Л. Весте (Университет Берлина, Германия), среди приглашенных секционных докладов были отмечены выступления А. Заир (Имперский колледж Лондона, Великобритания) и А. Болтассевой (Университет Пердью, США), лучшим инициативным докладом был признан доклад Н. Найтца (Институт ядерной физики Макса Планка, Германия).

Подводя итог прошедшей конференции, можно с уверенностью сказать, что нижегородское научное сообщество в области нелинейной физики не только не ослабло за прошедшие годы, но, напротив, в очередной раз продемонстрировало свой уровень и «силу притяжения», позволяющие развивать и сами исследования в наиболее актуальных направлениях, и международное сотрудничество.

Мария Буйнова, Игорь Костюков, ИПФ РАН

Актуальная биофотоника

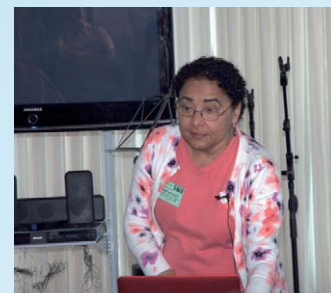
IV международный симпозиум «Актуальные проблемы биофотоники» («Topical Problems of Biophotonics») состоялся 21–27 июля 2013 года на борту комфортабельного волжского теплохода «Георгий Жуков», который следовал по маршруту Нижний Новгород – Мышкин – Нижний Новгород – Казань – Нижний Новгород. В организации форума приняли участие Институт прикладной физики РАН (ИПФ РАН), Нижегородская государственная медицинская академия (НиЖГМА), Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (ННГУ). Сопредседателями симпозиума выступили член-корр. РАН А.М. Сергеев (ИПФ РАН, Нижний Новгород, Россия) и проф. П. Со (Массачусетский технологический институт, США).

Симпозиумы по проблемам биофотоники проводятся в нашей стране по инициативе ИПФ РАН. О том, что послужило основанием для их организации, рассказал А.М. Сергеев, бессменный сопредседатель симпозиумов, заместитель директора ИПФ РАН и научный руководитель Института живых систем ННГУ:

«Сообщество ученых, занимающихся проблемами на стыке физики и биомедицины, растет из года в год. В связи с этим в мире появляется много различных приложений новых физических результатов к живым системам. Допустим, физики изобрели лазер на новой длине волны, с новыми характеристиками по длительности импульса, мощности и тому подобное. И сразу же начинается обсуждение возможных приложений этого лазера к живым системам для диагностики, управления процессами воздействия. В связи с ростом популярности этого направления в мире стали появляться специализированные журналы и очень крупные конференции, такие как BiOS в США, где собирается несколько тысяч человек, подобные конференции есть и в европейском, и тихоокеанском регионах.

В Институте прикладной физики РАН исследованиями в области биофотоники начали заниматься еще в 90-е годы, – продолжил рассказ Александр Михайлович, – новое научно-технологическое направление получило название «оптический биоимиджинг». Тематика этого направления активно развивалась, за 15 лет появились интересные наработки, в междисциплинарных направлениях в том числе, и мы решили организовать международную конференцию. Так появился симпозиум под названием «Topical problems of biophotonics», впервые он был проведен в 2007 году. Мы тогда сосредоточились на трех основных направлениях: оптический биоимиджинг (использование оптических источников для томографии); нанобиофотоника (диагностика живых объектов на субмикронных размерах, разработка наночастиц для использования в биофотонике); нейробиофотоника. Симпозиум вызвал интерес, много ученых из-за рубежа откликнулись на него и составили половину участников, представляя практически всю географию от Австралии, Японии до США. Симпозиум состоялся на борту теплохода «Георгий Жуков», что всем понравилось, и стало доброй традицией проводить наши научные встречи, путешествуя по Волге.

Опыт первого симпозиума убедил нас в правильности выбранного формата; симпозиум включает в себя три конференции по основным тематическим направлениям. Каждая конференция рекомендует докладчиков на общие пленарные заседания. Как правило, эти доклады вызывают живой интерес и по представленной тематике, и яркостью докладчиков. Пленарные и приглашенные доклады этого года были прочитаны такими ведущими российскими и зарубежными учеными, как С. Деев (Россия), А. Диаспро (США), Дж. Клинггауф (Германия), Р. Ляйтгеб (Австрия), А. Павоне (Италия), В. Тучин (Россия), М. Френц (Швейцария), Т. Хасан (США), Я. Найаши (Япония), Ч. Чан (Тайвань), и др.



Тайяба Хасан (Гарвардская медицинская школа, США)



На переднем плане – Питер Со, Джордж Барбастатис (Массачусетский технологический институт, США) и Александр Сергеев (ИПФ РАН, Россия)

Позже к трем крупным конференционным направлениям стали присоединяться так называемые workshops, или семинары по определенным актуальным темам. В этом году было проведено три семинара – «Клиническая биофотоника», «Применение лазеров в медицине», «Исследование стволовых клеток и биология развития». Эти небольшие семинары пользуются большой популярностью участников симпозиума.



Несколько слов о семинаре по стволовым клеткам. Репрограммирование стволовых клеток – это, может быть, самое крупное открытие в биологии последних лет, и оно отмечено Нобелевской премией. Можно сказать, что человечество получило инструмент, с помощью которого, если детально сформулировать правила и условия его применения, открываются фантастические возможности для будущего всей регенеративной медицины. Это направление начинает бурно развиваться, несет в себе много интересного как с точки зрения развития биологии, так и с точки зрения использования методов биофотоники для исследования стволовых клеток.

Семинар «Клиническая биофотоника» был посвящен такому пограничному с медициной направлению, как процесс трансляции (передачи) опыта прикладных исследований в медицинскую практику. Он привлек на симпозиум значительное количество практикующих медиков, что является важной чертой нашего мероприятия.

В центре внимания симпозиума оказалось несколько научных направлений. Например, если говорить о биоимиджинге, то сейчас очень активно развивается направление оптоакустики. В последние годы, благодаря развитию инструментария и ускорению компьютерной обработки, а также лучшему пониманию содержания получаемой информации, оптоакустика неожиданно выдвинулась на первый план. В ближайшее время это будет один из самых коммерциализованных методов клинической диагностики. Речь идет о совмещении света и звука в одном методе. Биоткани обладают таким важным свойством, как высокий оптический контраст, т. е. в зависимости от длины волны различные участки биоткани по-разному поглощают свет, что дает возможность обнаружить, допустим, опухоль. Но свет имеет и такое отрицательное в данном случае свойство, как сильное рассеивание в среде, что мешает осуществлять направленную локацию. Звук, напротив, такого свойства не имеет и его легче лоцировать. В случае

оптоакустики свет используется для того, чтобы очень быстро нагреть на доли градуса различные оптические неоднородности внутри организма, скажем, в области кровеносных сосудов, после чего нагретые области откликнутся ультразвуковым импульсом, который будет приниматься акустическим прибором, и это даст более точный результат.

Далее, возьмем нейробиофотонику, одним из интереснейших направлений здесь является оптогенетика. Методом генной инженерии ученым удалось создать клетки нервной ткани со светочувствительными мембранами, таким образом получив метод контроля за активностью мозга. Это позволит выявить полную картину связей нейронов в мозге, говоря научным языком – его полный коннектом. Сегодня человечество имеет почти полную информацию о геноме человека, но устройство мозга пока не расшифровано. Эта задача весьма актуальна для биофизиков и стоит на повестке дня. Оптогенетика, как одно из научных направлений, присутствует в нашем Институте живых систем. Светочувствительные клетки – это первый шаг к управлению поведением живых систем с помощью света.

Как показала практика, нижегородские симпозиумы не теряют своей актуальности и за эти годы твердо заняли свое место в мировом календаре интереснейших научных мероприятий».

Записала И. Тихонова



Алекс Виткин (Институт рака, Канада)

Справка оргкомитета по итогам конференции 2013 года

Программа симпозиума включала секционные устные доклады, стендовые сессии по перспективным направлениям применения биофотоники в медицине и пленарные лекции по наиболее современным проблемам, представляющим интерес для всех участников. Было сделано 11 пленарных докладов, 67 приглашенных докладов, 44 устных инициативных доклада и 40 стендовых презентаций.

Проведена спонсорская сессия, на которой представлено 5 презентаций, два круглых стола и панельная дискуссия, посвященная популяризации биофотоники как науки.

В работе симпозиума приняли участие 209 человек, включая ученых с мировыми именами, специалистов из российских и зарубежных университетов и научных центров, молодых исследователей, а также аспирантов из разных высших учебных заведений России, Европы, Америки и Азии. Страны, представленные участниками симпозиума: Австралия, Австрия, Болгария, Великобритания, Германия, Дания, Ирландия, Испания, Италия, Канада, Китай, Корея, Нидерланды, Россия, Словения, США, Тайвань, Финляндия, Франция, Чехия, Швейцария, Швеция, Япония (23 страны).

По результатам работы симпозиума сделаны следующие выводы. Этот симпозиум стал успешным продолжением предыдущих симпозиумов по биофотонике, проходивших в 2007, 2009 и 2011 годах. Темы для обсуждений были значительно расширены с учетом современных тенденций. Несомненной заслугой симпозиума является его междисциплинарный характер и многообразие обсуждавшихся актуальных тем, которые обеспечили широкий обмен знаниями в разных областях интереснейшей и очень перспективной науки.

По общему мнению, симпозиум прошел исключительно плодотворно, и традицию проведения таких мероприятий необходимо продолжить. Рекомендовано организовать следующий симпозиум по биофотонике в 2015 году.



"Нижегородский ПОТЕНЦИАЛ"

Главный редактор – академик РАН А. Г. Литвак
Ответственный редактор – к.ф.-м.н. А. И. Малеханов

Адрес: 603950 Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46, ННЦ РАН
Телефон: (831) 436 8352, факс (831) 436 2061
E-mail: nncras@appl.sci-nnov.ru

Редактор – Н. Н. Кралина.
Верстка А. А. Ереминой.

Отпечатано в ООО "Растр-НН", Нижний Новгород, ул. Белинского, 61