



# НИЖЕГОРОДСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ

№1, 2010 г.

ВЕСТНИК НИЖЕГОРОДСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

**В НОМЕРЕ:**

**стр. 2**

**Первый год работы ННЦ**  
*Итоги, перспективы, интервью*



**стр. 8**

**Формула успеха**  
*Разговор с А. Н. Гурьяновым*



**стр. 10**

**Новые имена**  
*Разговор с Д.А. Сергеевым*



**стр. 12**

**Лазер: первые 50 лет**  
*Из истории лазерной оптики  
в Нижнем Новгороде*



## Первый год работы Нижегородского научного центра РАН

Учреждение Российской академии наук Нижегородский научный центр (ННЦ) РАН образовано по решению Общего собрания РАН (постановление № 42 от 16.12.2008). В состав ННЦ РАН входят 4 учреждения РАН, находящиеся в городе Нижнем Новгороде, – **Институт прикладной физики (ИПФ)**, **Институт физики микроструктур (ИФМ)**, **Институт химии высокочистых веществ (ИХВВ)** и **Институт металлоорганической химии (ИМХ)** им. Г.А. Разуваева. Кроме того, академическая наука в Нижнем Новгороде представлена **Нижегородским филиалом Института машиноведения** им. А.А. Благоднарова и **Нижегородским отделом Института социологии**.

Списочная численность сотрудников в институтах ННЦ РАН (без совместителей) на 01.12.2009 г. составляла **1752** чел., из них научных сотрудников – **784** чел., среди которых 7 действительных членов и 11 членов-корреспондентов РАН, 129 докторов и 358 кандидатов наук. Общее количество членов РАН, принимающих участие в работе ННЦ РАН, – 10 действительных членов и 14 членов-корреспондентов (с учетом членов Академии, работающих в Российском федеральном ядерном центре – ВНИИЭФ, г. Саров, Опытном конструкторском бюро машиностроения (ОКБМ) им. И.И. Африкантова, Нижегородском государственном университете (ННГУ) им. Н.И. Лобачевского и Нижегородском государственном техническом университете (НГТУ) им. Р.Е. Алексеева).

В феврале 2009 г. состоялось общее (учредительное) собрание ННЦ РАН, на котором был принят проект устава и выбраны руководящие органы ННЦ РАН: президиум в составе 18 человек, председатель (акад. А.Г. Литвак), три заместителя председателя (чл.-корр. РАН А.М. Сергеев, чл.-корр. РАН В.К. Черкасов, проф. З.Ф. Красильник) и главный ученый секретарь президиума (к.ф.-м.н. А.И. Малеханов). В состав президиума ННЦ РАН, помимо руководителей, были выбраны все действительные члены РАН, работающие на территории Нижегородской области, а также руководители ФРЯЦ – ВНИИЭФ, ННГУ, Нижегородского филиала Института машиноведения (НФ ИМАШ) им. А.А. Благоднарова РАН и Нижегородского научно-исследовательского радиофизического института (НИРФИ). Списочный состав руководящих органов ННЦ можно увидеть на сайте: [www.nncras.ru](http://www.nncras.ru).

Основные направления деятельности ННЦ РАН:

- координация и развитие междисциплинарных исследований институтов РАН (в качестве приоритетных были определены исследования в области биофизики, наноматериалов, диагностики окружающей среды);
- решение инфраструктурных проблем развития науки в регионе (включая обеспечение институтов современными информационными и вычислительными технологиями, создание нанотехнологического центра для обеспечения исследований и наукоемких разработок в этой перспективной области, координацию инновационной деятельности и взаимодействие с промышленными предприятиями региона);
- решение социальных проблем сотрудников РАН (включая строительство жилья на земельном участке, находящемся в распоряжении ИФМ РАН).

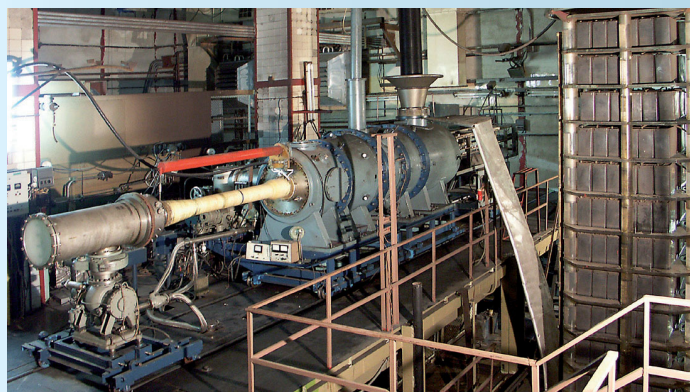
Практически ННЦ РАН приступил к работе во второй половине 2009 г. после решения всего комплекса юридических и финансовых вопросов, связанных с его учреждением.

### Сведения о характере и финансировании научных исследований

В течение 2009 г. институты ННЦ РАН принимали участие в выполнении **612** научно-исследовательских работ (НИР) по бюджету и программам фундаментальных исследований РАН, федеральным целевым программам, конкурсным программам российских и зарубежных научных фондов, контрактам с российскими и зарубежными заказчиками. Общий годовой объем финансирования всех работ институтов ННЦ РАН составил **1320,4** млн. руб.

По программам фундаментальных исследований РАН (президиума и профильных отделений) в институтах ННЦ РАН выполнялось 104 и 69 НИР соответственно. Среди программ, в которых институты ННЦ РАН принимают наиболее значительное участие, – программы президиума РАН «Основы фундаментальных исследований нанотехнологий

и наноматериалов» (23 НИР), «Проблемы педической электроники, пучков заряженных частиц и генерация электромагнитного излучения в системах большой мощности» (15 НИР), «Экстремальные световые поля и их приложения» (12 НИР), «Фундаментальные проблемы нелинейной динамики» (12 НИР), а также ряд программ Отделения физических наук РАН – «Современные проблемы радиофизики» (17 НИР), «Физика новых материалов и структур» (8 НИР), «Фундаментальные основы акустической диагностики искусственных и природных сред» (9 НИР), «Нелинейно-оптические методы и материалы для создания лазерных систем нового поколения» (9 НИР). Суммарный объем бюджетного финансирования работ составил 588,4 млн. руб. (45 % от общего объема).



По федеральным целевым программам выполнялись 30 НИР: ФЦНТП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 гг.» – 8 НИР; ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» – 22 НИР, в том числе 5 НИР выполнялись коллективами научно-образовательных центров, созданных в 2009 г. Суммарный объем финансирования работ по государственным контрактам составил 128,3 млн. руб. (10 % от общего объема).

По грантам Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ и молодых ученых выполнялись 25 НИР (12 НИР по грантам ведущих научных школ и 13 НИР по грантам для молодых ученых – кандидатов наук).

По конкурсным программам РФФИ (включая международные и региональные проекты) в институтах ННЦ РАН выполнялись 238 НИР с объемом финансирования 123,5 млн. руб. (9 % от общего объема).



По контрактам с российскими и зарубежными заказчиками выполнялись 86 НИР и ОКР, суммарный объем финансирования этих работ составил 443 млн. руб. (34 % от общего объема). Основной объем этих работ (95 %) выполнен в ИПФ РАН.

### Инновационные разработки

Выполнение институтами ННЦ РАН большого количества проблемно-ориентированных НИР и прикладных исследований сопровождается успешными инновационными разработками, направленными на создание принципиально новых технологий, приборов, элементной базы в различных областях актуальных приложений. Промышленная апробация большинства таких разработок и их коммерческая ре-

ализация осуществляются в тесном взаимодействии с малыми наукоемкими предприятиями, создающими «инновационный пояс» ННЦ РАН.

Наиболее успешными примерами передовых инновационных разработок ННЦ РАН, завершёнными в 2009 г., могут служить:

- микроволновая технология плазмохимического газофазного осаждения алмазных пленок и дисков большой площади и созданный для ее реализации опытный образец технологической установки (ИПФ РАН);

- новые технологии оптической томографии и выпуск опытной партии для неинвазивной диагностики биологических тканей приборов с высоким пространственным разрешением (ИПФ РАН);

- технология и конструкторская документация макета лечебного комплекса для контактного термического разрушения злокачественных опухолей с помощью СВЧ-излучения и гибкие антенны-иглы для эндоскопических СВЧ-воздействий на слизистые и подслизистые ткани (ИПФ РАН);

- комплекс для изготовления и аттестации элементов изображающей оптики с субнанометровой точностью, предназначенный для разработки и создания проекционных объективов сверхвысокого разрешения в экстремальном ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах (ИФМ РАН);

- методика выращивания монокристаллов моноизотопного кремния из кремния природного изотопного состава, обеспечивающая низкий и контролируемый уровень изотопного разбавления целевого монокристалла (ИХВВ РАН);

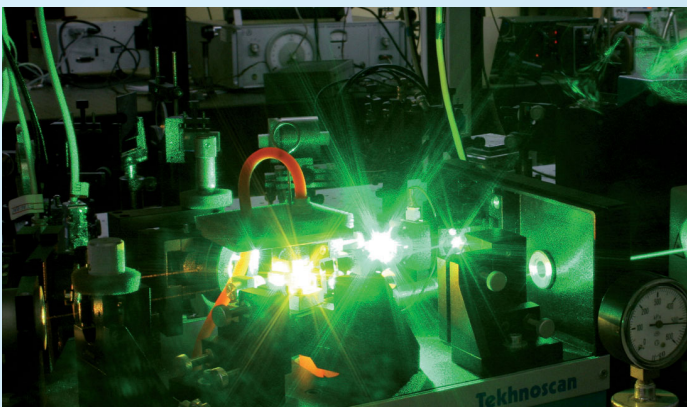
- модернизированная CVD-установка для синтеза поликристаллического сульфида цинка (ИХВВ РАН);

- метод получения волоконных световодов на основе кварцевого стекла, легированного оксидами алюминия, германия и фосфора, с добавкой оксида висмута (ИХВВ РАН);

- метод и технология защиты железоуглеродистых сплавов непосредственно в процессе термической обработки от окиснообразования, обезуглероживания и потери легирующих компонентов сплавов, применяемые на ряде предприятий машиностроения (ИМХ РАН);

- однослойные просветляющие покрытия на основе мезопористого диоксида кремния на оптические изделия из силикатного стекла, кварца, кристаллов KDP (ИМХ РАН).

Инновационные разработки сотрудников ННЦ РАН отмечены в 2009 г. престижными медалями и дипломами международных выставок и профессиональных обществ. Среди них – золотая медаль «Инновации для инвестиций» Американско-Российского делового союза за разработку оптического диффузионного томографа, золотая медаль Международной ярмарки технологических инноваций за разработку новых материалов с помощью СВЧ-нагрева, диплом «Инновации для инвестиций в будущее» и золотая медаль международной программы «Золотая Галактика» за разработку гиротронного комплекса СВЧ-обработки материалов, дипломы ВВЦ с медалями за экспонаты в области оптического приборостроения в рамках конкурса «Научный прибор года – 2009» (все – ИПФ РАН), золотая медаль LVII всемирного салона изобретателей «Эврика-2009» за разработку «Получение монокристаллического изотопнообогащенного кремния Si-28, Si-29, Si-30», золотая и серебряная медали XXXVII международного салона изобретений, новой техники и товаров «Женева-2009» за разработку «Высококачественные материалы для волоконной оптики на основе теллуридных стекол: оксиды теллура и вольфрама, фторид вольфрама; теллуридные стекла и световоды» и «Кварцевые волоконные световоды, легированные висмутом, для волоконных лазеров, генерирующих в диапазоне 1300–1520 нм» соответственно, серебряная медаль XII Московского международного салона промышленной собственности «Архимед-2009» за разработку «Высококачественный оксид вольфрама и фторид вольфрама – исходные материалы для микроэлектроники и волоконной оптики», золотая медаль и



диплом V международного оптического форума «Оптика в науке, технике и в медицине – 2009», диплом X международного форума «Высокие технологии XXI века» за достижения в области высоких технологий (все – ИХВВ РАН).

В 2009 г. сотрудниками ННЦ РАН подано 20 заявок на получение патентов РФ, получено 12 положительных решений о выдаче патента РФ по заявкам на изобретения и полезные модели.

## Взаимодействие с вузами и подготовка научных кадров

В целях ориентированной подготовки научных кадров в институтах ННЦ РАН и ННГУ им. Н.И. Лобачевского реализуются несколько моделей интеграции образования и академической науки. Созданный ранее (в 2001 г.) Объединенный учебно-научный центр ННГУ, организованный в форме простого товарищества, в 2009 г. включал в себя 6 учебно-научных центров по направлениям исследований, базовый факультет ИПФ РАН (Высшая школа общей и прикладной физики), базовые кафедры институтов РАН, в том числе 3 межфакультетские кафедры, базовые лаборатории институтов РАН на факультетах (радиофизическом, физическом и химическом), 12 филиалов кафедр этих факультетов в институтах РАН, Центр коллективного пользования «Волновые и квантовые технологии», объединяющий наиболее крупные экспериментальные установки институтов ННЦ РАН и ННГУ.



Традиционно многие ведущие научные сотрудники институтов ННЦ РАН являются по совместительству преподавателями ННГУ и НГТУ, читают базовые и специальные лекционные курсы, ведут лабораторный практикум, руководят квалификационными работами студентов ряда профильных факультетов. В целях дальнейшего развития совместных учебно-научных программ в 2009 г. на базе химического факультета ННГУ, ИХВВ РАН и ИМХ РАН создан научно-образовательный центр (НОЦ) «Химическое материаловедение», открыта магистратура по направлению «Химическая технология и биотехнология». На базе коллективов ведущих научных школ ННЦ РАН в 2009 г. были созданы 5 НОЦ по различным направлениям исследований в области фундаментальной и прикладной физики, получивших государственную поддержку на 2009–2011 гг. в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

При институтах ННЦ РАН в 2009 г. работали 5 диссертационных советов, проходили обучение 105 аспирантов, 3 сотрудника состояли в докторантуре; состоялись успешные защиты 12 докторских и 22 кандидатских диссертаций.

Большую роль в проблемно-ориентированной подготовке кадров и их быстрой адаптации в профессиональной среде играют научные школы. В 2009 г. 12 коллективов в институтах ННЦ РАН имели статус ведущих научных школ РФ: научные школы акад. Г.А. Абакумова (ИМХ РАН), проф. В.И. Беспалова и Г.И. Фрейдмана (ИПФ РАН), акад. С.В. Гапонова и чл.-корр. РАН Н.Н. Салашенко (ИФМ РАН), чл.-корр. РАН Г.А. Домрачева (ИМХ РАН), акад. В.В. Железнякова (ИПФ РАН), акад. А.Г. Литвака (ИПФ РАН), проф. М.И. Петелина (ИПФ РАН), чл.-корр. РАН А.М. Сергеева (ИПФ РАН), д.ф.-м.н. А.И. Смирнова (ИПФ РАН) и д.ф.-м.н. В.В. Курина (ИФМ РАН), акад. В.И. Таланова (ИПФ РАН), акад. М.Ф. Чурбанова (ИХВВ РАН).

## Международное сотрудничество

Институты ННЦ РАН принимают участие в выполнении большого количества международных научных программ и проектов, среди которых такие крупные проекты, как «Международный термоядерный экспериментальный реактор» (ITER), «Лазерный интерферометр для гра-

витационных наблюдений» (LIGO), «Компактный линейный коллайдер» (CLIC), «Развитие инфраструктуры исследований экстремальных световых полей» (ELI), «Мощные лазеры для исследований в энергетике» (HIPER), Европейское научное объединение «Полупроводниковые источники и детекторы в области терагерцовых частот» (сетевой проект GDR-E). В 2009 г. в институтах ННЦ РАН выполнялись исследования по 33 проектам международных научных фондов и зарубежным контрактам, а также по 12 совместным проектам РФФИ.

### Издательская деятельность

В ННЦ РАН осуществляется обширная издательская деятельность. Наиболее значительные издания 2009 г.: сборник трудов XIV всероссийской научной школы «Нелинейные волны – 2008» (под ред. акад. А.В. Гапонова-Грехова и проф. В.И. Некоркина), сборник трудов VI Международной конференции «Strong Microwaves: Sources and Applications», в 2 томах (на англ. языке, под ред. акад. А.Г. Литвака), сборник трудов V международной конференции «Current Problems in Optics of Natural Waters» (на англ. языке, под ред. д.ф.-м.н. А.Г. Лучинина и к.ф.-м.н. И.А. Сергиевской), сборник трудов международного симпозиума «Topical Problems of Biophotonics – 2009» (на англ. языке, под ред. д.м.н. Н.М. Шаховой, д.м.н. Е.В. Загайновой, д.ф.-м.н. В.Б. Казанцева, д.ф.-м.н. А.П. Шуринова), сборник трудов XIII международного симпозиума «Нанофизика и нанозлектроника», в 2 томах, монография проф. А.Ф. Крупнова «Микроволновая спектроскопия», изд. 2-е, монография д.ф.-м.н. В.Ю. Зайцева, к.ф.-м.н. Н.В. Прончатова-Рубцова и проф. С.Н. Гурбатова «Нелинейные акустические явления в структурно-неоднородных средах. Эксперименты и модели».

### Научные премии и награды

В 2009 г. многие сотрудники ННЦ РАН были награждены научными премиями и персональными грантами благотворительных фондов:

– премия РАН им. Л.И. Мандельштама за цикл работ «Нелинейные акустические явления в твердых структурно-неоднородных средах: аномальная нелинейность, нелинейные волны, диагностика дефек-

тов» (д.ф.-м.н. В.Ю. Зайцев, д.ф.-м.н. В.Е. Назаров, проф. Л.А. Островский, ИПФ РАН);

– медаль РАН с премией для молодых ученых в области физики и астрономии за цикл работ «Электродинамика высокотемпературной плазмы в магнитных ловушках» (к.ф.-м.н. А.Г. Шалашов, ИПФ РАН);

– две медали РАН с премиями для студентов высших учебных заведений по итогам 2008 года в области физики и астрономии (А.В. Андрианов, ИПФ РАН) и в области океанологии, физики атмосферы, географии (Е.В. Ежова, ИПФ РАН).

– медаль министерства образования РФ за лучшую студенческую работу по естественным, техническим и гуманитарным наукам в вузах РФ (Е.В. Ежова, ИПФ РАН).

– 13 грантов Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых в номинации «кандидаты наук» (И.В. Бандуркин, С.Б. Бодров, Н.В. Введенский, Е.Д. Господчиков, М.А. Кошелев, Д.А. Сергеев, Е.А. Сергеева, В.А. Скалыга, С.В. Ширин (ИПФ РАН); А.Ю. Аладышкин, Л.В. Гавриленко, Б.А. Грибков (ИФМ РАН); А.И. Поддельский (ИМХ РАН)).

– 5 грантов Фонда содействия отечественной науке: в номинации «молодые доктора наук РАН» (А.В. Савилов), в номинации «молодые кандидаты наук РАН» (Е.Д. Господчиков, М.Ю. Куликов), в номинации «лучшие аспиранты РАН» (И.А. Гоносков, С.А. Яшуин), все – ИПФ РАН.

– 6 грантов фонда «Династия»: в номинации «кандидаты наук» (С.Б. Бодров, С.А. Скобелев), в номинации «аспиранты и молодые ученые без степени» (В.Р. Барышев, И.А. Гоносков, М.Ю. Емелин, А.В. Коржманов), все – ИПФ РАН.

– две премии издательства МАИК «Наука/Интерпериодика»: главная премия за лучшую публикацию 2008 г. в области химии (акад. М.Ф. Чурбанов, д.х.н. А.В. Гусев, д.х.н. А.Д. Буланов, д.х.н. И.Д. Ковалев, д.х.н. В.А. Крылов, ИХВВ РАН); премия за цикл статей 2008 г. в области наук о Земле (д.ф.-м.н. Ю.И. Троицкая, к.ф.-м.н. В.В. Баханов, к.ф.-м.н. И.С. Долина, А.В. Ермошкин, к.ф.-м.н. Э.М. Зуйкова, к.ф.-м.н. Г.В. Рыбушкина, к.ф.-м.н. В.И. Титов, ИПФ РАН).

### Кадровый состав институтов ННЦ РАН в 2009 году (без учета совместителей)

	Всего сотрудников	Научных сотрудников	Докторов наук	Кандидатов наук	Аспирантов (докторантов)	Членов РАН
ИПФ	1196	482	87	193	54(-)	10
ИФМ	276	144	18	78	16(1)	3
ИХВВ	157	56	11	27	10(-)	2
ИМХ	123	102	13	60	25(2)	3
Итого	1752	784	129	358	105(3)	18

### Выполнение НИР институтами ННЦ РАН в 2009 году

	Программы РАН		Федеральные программы, в т. ч. гранты Президента РФ			РФФИ, в т.ч. региональные	Договорные работы	
	президиум	отделения	ФЦНТП	ФЦП «Кадры»	гранты		российские	зарубежные
ИПФ	65	41	6	7	16	140	52	6
ИФМ	23	25	1	12	5	67	7	-
ИХВВ	9	1	1	-	1	8	17	3
ИМХ	7	2	-	3	3	23	-	1
Итого	104	69	8	22	25	238	76	10

### Источники финансирования работ институтов ННЦ РАН в 2009 году (млн. руб)

	Бюджет РАН, в т.ч. программы	Федеральные программы	РФФИ	Договорные работы	Полный объем финансирования
ИПФ	375,4	110,0	75,2	422,3	1018,3 (77%)
ИФМ	102,0	13,2	34,4	1,5	151,1 (12%)
ИХВВ	66,5	0,3	1,54	17,0	85,4 (6%)
ИМХ	44,5	4,8	12,4	2,2	65,6 (5%)
Итого	588,4 (45%)	128,3 (11%)	123,5 (10%)	433,0 (34%)	1320,4 (100%)

## Руководители нижегородских научных учреждений РАН об итогах 2009 года



**Академик А. Г. Литвак,  
директор Института  
прикладной физики РАН**

– 2009 год в нашей стране прошел в условиях финансово-экономического кризиса, так что ожидаемого заметного увеличения господдержки фундаментальной науки не произошло. Напротив, сократилось количество госконтрактов, финансируемых Российским агентством по науке, было заметно сокращено финансирование грантов РФФИ. Эти сокращения коснулись, естественно, и нашего института. Тем не менее

объем финансирования выполненных в ИПФ РАН работ по сравнению с 2008 г. удалось увеличить и даже заметно, примерно на 30%. Вырос объем работ по фундаментальным исследованиям РАН и в основном по заключенным нами контрактам – по некоторым мы имели очень значительное финансирование и, разумеется, обязательства. Поэтому в финансовом отношении кризис мы, можно сказать, не почувствовали, хотя я не уверен, что этого не произойдет в 2010 г.

Конечно, сказанное не означает, что у нас нет трудных проблем. Больше всего нас беспокоит проблема научной молодежи, так как за последние годы в рамках так называемого пилотного проекта мы сократили число сотрудников, финансируемых по госбюджету, на 20%, и никаких бюджетных вакансий для молодежи у нас нет. Поэтому мы финансируем молодежь из внебюджетных средств, а это 46 человек, окончивших в последние годы аспирантуру, многие из них уже успешно защитились. Так же остро стоят проблемы строительства жилья, обновления и расширения приборного парка и оборудования. Мы стараемся зарабатывать на оснащение наших научных работ, но этого недостаточно.

Теперь о главном – о научных результатах работы института в 2009 г. Как обычно, они обсуждаются на ученом совете, что позволяет отобрать наиболее важные результаты для включения в отчет Академии наук. В этом году советом было рекомендовано около 50 результатов. Мы попросили научные отделения института (их у нас три) выделить по 5 лучших результатов, и затем провели рейтинговое голосование выделенных 15 результатов среди членов совета. Я приведу формулировки трех лучших результатов, которые были рекомендованы нами для включения в доклад РАН президенту страны среди важнейших достижений академии.

Первый результат касается *физики взаимодействия сверхмощного лазерного излучения с веществом*. Получены моноэнергетические (ширина энергетического спектра 5%) пучки электронов с энергией 300 МэВ при фокусировке мощного фемтосекундного лазерного импульса в струю гелия. Максимальный заряд пучка более 200 пК, угловая расходимость 3 мрад. Эффективное ускоряющее напряжение составило более 100 МВ/мм. Все эти параметры соответствуют лучшим мировым результатам и показывают перспективность создания простых компактных лазерно-плазменных источников заряженных частиц для протонной и электронной терапии, а также для других перспективных приложений. Добавлю, что такие «настольные» лазерные ускорители рассматриваются мировым сообществом как реальная для целого ряда задач альтернатива традиционным ускорителям, представляющим собой гигантские сооружения.

Второй результат относится к тому, что сейчас называют инновационным продуктом, и возник он из наших многолетних занятий *физикой газового разряда в поле мощного СВЧ-излучения*. Разработан и успешно испытан опытный образец промышленной установки для высокоскоростного выращивания поликристаллических алмазных пленок и пластин большой площади (более 100 см<sup>2</sup>). В созданной установке за счет поддержания плазмы высокой плотности излучением гиротрона на частоте 28 ГГц скорость роста алмазных пленок достигает величины не менее 10 мкм/ч, что значительно превосходит скорость роста в существующих СВЧ-реакторах, в которых плазма поддерживается излучением на более низких частотах – 915 МГц и 2,45 ГГц. Выращенные алмазы обладают высоким качеством кристаллической структуры, поэтому физические свойства их уникальны: они оптически прозрачны, у них рекор-

дно высокие теплопроводность и твердость, эмиссионная способность. Реализованная нами технология существенно удешевляет производство алмазных пленок и пластин и, следовательно, значительно расширяет возможности их применения. Мы шли к этому результату несколько лет, и перспективы внедрения здесь очень хорошие.

Третий из самых важных результатов также относится к нашей традиционной области занятий – *разработке мощных СВЧ-генераторов, гиротронов*. Одно из современных направлений в этой области связано с повышением рабочей частоты излучения до терагерцового диапазона, который граничит уже с инфракрасной оптикой. Нами реализованы две разновидности мощных импульсных терагерцовых гиротронов с рекордными параметрами: традиционный генератор (работающий на основной гармонике циклотронного резонанса) с магнитным полем до 50 Тл, обеспечивающий в разовых импульсах (длительностью 30–40 мкс) генерацию на частотах 1 и 1,3 ТГц мощностью 5 и 0,5 кВт соответственно; гиротрон с приосевым электронным пучком с магнитным полем до 14 Тл, работающий на второй и третьей циклотронных гармониках и обеспечивающий генерацию на четырех частотах в диапазоне 0,5 – 1,0 ТГц в импульсах длительностью 10 мкс и мощностью 0,3 – 1,8 кВт. Достигнутые характеристики излучения уникальны, открываются хорошие перспективы применения таких гиротронов. Например, в целях создания источников экстремального ультрафиолета, для динамической поляризации ядер в ЯМР-спектрометрах, для диагностики высокотемпературной плазмы в установках УТС.

Теперь несколько слов о нашем участии в крупных международных проектах.

Институт продолжает совместно с НПГ ГИКОМ работы по созданию непрерывного мегаваттного гиротрона для международного термоядерного реактора ITER, сооружаемого во Франции. В 2010 г. мы должны завершить создание штатного образца такого гиротрона, способного работать в непрерывном режиме не менее получаса, и произвести его ресурсные испытания на стенде в Курчатовском институте.

Мы участвуем в уникальном международном проекте LIGO, целью которого является регистрация гравитационных волн, существование которых следует из общей теории относительности, но они до сих пор не зарегистрированы в наземных экспериментах.

Институт участвует в подготовительной стадии двух крупных европейских проектов, связанных с использованием экстремально интенсивного лазерного излучения. Один из них – проект ELI (Extreme Light Infrastructure), в котором планируется, в частности, создание лазерной установки с фантастической мощностью 200 ПВт. Напомню, что современные мировые рекорды рукотворной мощности излучения группируются на уровне 1 ПВт. Мы рассчитываем создать пилотный образец десятипетаваттного модуля такой установки. Проект находится на стадии трудных переговоров, хотя и с определенной поддержкой руководства РАН и администрации Президента РФ. Другой международный проект – HIPER (High Power lasers for Energetic Research) – имеет своей целью создание лазерной термоядерной установки, работающей в импульсно-периодическом режиме и тем самым являющейся реальным источником для термоядерной энергетики. В международном консорциуме, выполняющем подготовительную стадию проекта с целью определения облика установки и необходимых параметров, лидером является знаменитая Резерфордская лаборатория (Англия), а от России приглашены к участию два института РАН – наш и Физический институт им. П.Н. Лебедева.

Вне всякого сомнения, реализация этих проектов откроет фантастические возможности для фундаментальной науки, их результаты найдут широкие приложения не только в энергетике, но и в медицине, например, в адронной терапии, создании новых материалов, в других областях.

В 2009 г. мы провели ряд важных конференций и совещаний. Среди них, конечно, выделяются две – международная конференция по биофотонике с широким участием ведущих зарубежных ученых и всероссийская конференция «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях», где было обозначено наше заметное участие в этой новой и очень интересной области. Напомню, что научная повестка общего собрания РАН в декабре 2009 г. была целиком посвящена наукам о мозге, т. е. как раз той междисциплинарной области знаний, которая получила название когнитивной науки.

Подводя итоги 2009 г., мне особенно приятно отметить то, что некоторые ученые нашего института были отмечены престижными наградами Академии наук. Медалью РАН для молодых ученых был награжден

кандидат наук Александр Шалашов, а трое наших сотрудников – доктора наук В.Ю. Зайцев, В.А. Назаров и Л.А. Островский – получили премию РАН имени Л.И. Мандельштама за пионерские работы в области нелинейной акустики. Сотрудниками института защищены 5 докторских и 10 кандидатских диссертаций, это тоже весьма неплохие показатели.

Тенденции ушедшего года мы постараемся сохранить и в следующем году.



**Профессор З. Ф. Красильник,  
директор Института физики  
микроструктур РАН**

– Институт физики микроструктур РАН традиционно в конце года, как и все институты РАН, подвел итоги своим научным достижениям в 2009 г., и 9 наиболее ярких из них, раскрывающих деятельность всех научных отделов института, решением ученого совета были рекомендованы для включения в годовой отчет Академии наук. Скажу коротко о некото-

рых из них, хорошо иллюстрирующих нашу «научную нишу».

ИФМ РАН является признанным лидером в России в области *многослойной рентгеновской оптики*. За научные достижения в этой области двое сотрудников нашего института награждены престижной премией РАН имени А.Г. Столетова. Один из наиболее значимых результатов 2009 г. связан с созданием технологического комплекса для изготовления и аттестации элементов рентгеновской оптики с контролем формы поверхности на субнанометровом уровне точности (т. е. менее 1 нм), а также сложных оптических систем с деформацией волнового фронта также на субнанометровом уровне. В этой установке применён разработанный нами специальный интерферометр, позволяющий проводить измерения деформации волновых фронтов с точностью до одного ангстрема. С применением комплекса в ИФМ РАН разработан и внедрён проекционный объектив для нанолитографа с рабочей длиной волны 13,5 нм. Таким образом, разработанные нами методы прецизионных измерений и коррекции формы поверхности позволяют начать в России работы по проектированию объективов сверхвысокого разрешения для осуществления многих задач, например, проекционной нанолитографии, рентгеновской микроскопии, астрономии. В настоящее время обсуждается внедрение этого комплекса в промышленность.

Другой результат относится к *физике полупроводниковых лазеров*. Впервые в мире у нас созданы полупроводниковые лазеры на основе кремния. Эти источники излучения работают в инфракрасном диапазоне длин волн (65–470 мкм) благодаря стимулированному излучению оптически возбуждаемых донорных центров (таких как фосфор, сурьма, мышьяк, висмут), погружённых в монокристаллический кремний. Используются два принципа генерации излучения. В одном формируется инверсная заселённость возбуждённых состояний, что приводит к усилению на внутрицентровых (атомоподобных) переходах. В другом принципе используется Стоксов процесс вынужденного комбинационного рассеяния излучения накачки на указанных примесных центрах. При этом частота излучаемой компоненты Стокса отличается от частоты накачки на энергию перехода между нижними состояниями донора и может перестраиваться. Результаты этих исследований представляются нам важными как с фундаментальной, так и с прикладной точки зрения. Они признаны научной общественностью и опубликованы в высокорейтинговых научных журналах.

Третья серия работ относится к области *физики магнитных наноструктур*. Эти работы связаны с получением магнитных наноструктур очень малого размера средствами электронной литографии, и с дальнейшим их исследованием с помощью зондовой микроскопии. Эти работы показали, что магнитные частицы очень малого размера можно формировать контролируемым образом, т. е. управлять распределением магнитного момента можно с помощью разных средств, в том числе и зондовым микроскопом. Оказалось, что эти маленькие магнитные частицы могут обладать гигантским магнитосопротивлением, благодаря чему могут быть использованы в элементах памяти, которая не требует на ее поддержание больших энергий. Кроме того, они могут применяться в таких элементах памяти, которые фактически будут сохранять информацию о записи без специального потребления энергии, что в ряде приложений очень важно.

Если вспоминать важнейшие события ушедшего года в целом, то в истории института он был не простым, в первую очередь потому, что произошла смена директора. Директор-основатель академик С.В. Гапонов, руководивший институтом с 1993 г., занял пост советника РАН. В связи с этим, как это принято в Академии наук, в институте были проведены перевыборы заместителей директора и руководителей всех структурных подразделений. Эта процедура сопровождалась обсуждением в отделах, на заседаниях ученого совета достижений, перспектив и проблем, имеющихся в подразделениях института. В результате этой очень важной и большой работы коллектив института еще больше осознал свои возможности, оценил недоработки и наметил перспективы развития на ближайшие годы, прежде всего научного. Особое внимание мы будем уделять работе с молодыми учеными. У нас недавно был создан Совет молодых ученых, в который по собственной инициативе вошло 15 человек – уже вполне состоявшихся молодых сотрудников, неравнодушных к жизни института.

Мы подготовили два очень важных научных мероприятия 2010 г. Первое из них (15–19 марта) – XIV международный симпозиум «Нанофизика и нанозлектроника – 2010». Это очень большая конференция со своей уникальной историей, участие в которой традиционно примут крупные ученые нашей страны, лидеры в области физики полупроводников, сверхпроводимости, рентгеновской оптики, физики магнетизма и в смежных научных областях. В этом году – небывалое количество участников, свыше 300 человек. Среди них такие видные ученые, как член-корреспондент М.В. Ковальчук (директор ФНЦ «Курчатовский институт»), академик М.В. Алфимов, в свое время возглавлявший Российский фонд фундаментальных исследований, а сейчас он председательствует в Научно-техническом совете госкорпорации РОСНАНО и возглавляет Центр фотохимии РАН (с ним мы второй год ведем совместные исследования), академик А.Р. Хохлов (он входит в состав президентского совета по науке), академики В.Б. Тимофеев, М.В. Садовский, многие представители ведущих научных центров в России и за рубежом.

Второе наше мероприятие – «КРЕМНИЙ-2010» (6–9 июля). Это уже VII международная конференция и VI школа молодых ученых и специалистов по самым актуальным проблемам физики, материаловедения, технологии и диагностики кремния, нанометровых кремниевых структур и приборов на их основе. Эта конференция проводится нами также в самом тесном сотрудничестве с Нижегородским государственным университетом им. Н.И. Лобачевского.

**Академик М. Ф. Чурбанов,  
директор Института химии  
высокоочищенных веществ РАН**

– Научные исследования института шли в рамках госбюджетного плана НИР (15 тем), утвержденного Отделением химии и наук о материалах (ОХНМ) РАН, четырех программ фундаментальных исследований президиума РАН и одной программы ОХНМ РАН, восьми грантов РФФИ. Все задания 2009 г. выполнены. Отмечу ряд *научных результатов*, относящихся к наиболее важным и перспективным.

Разделение изотопов германия в виде его гидрида газоцентрифужным методом. Результат важен для развития технологии детекторов, применяемых при исследовании двойного безнейтринного  $\beta$ -распада.

Получение высокоочищенного монокристаллического моноизотопного  $^{29}\text{Si}$  из  $^{28}\text{SiH}_4$ . Получен монокристалл с содержанием основного изотопа  $99,919 \pm 0,011$  ат.%, примесей кислорода и углерода не более  $10^{16}$  см $^{-3}$ . По химической и изотопной чистоте он превосходит ранее описанные образцы.

Создание стандартных образцов состава на основе образцов простых твердых веществ и оксидов и их метрологическая аттестация.

Имеются заметные продвижения в технологиях световодов из кварцевых стекол, теллуричного стекла, халькогенидных стекол и световодов.

Из *результатов прикладного характера* назовем следующие.

Составление и выдача заказчику исходных данных для производства моносилана объемом 10 т/год.



Изготовлена и испытана укрупненная модернизированная CVD-установка для синтеза поликристаллического сульфида цинка. Получены пластины CVD-ZnS размером 800×150 мм и толщиной до 13 мм.

Достойные результаты получены и по другим направлениям исследований. На семи международных выставках работы института отмечены тремя золотыми и двумя серебряными медалями. Одна из наших журнальных публикаций отмечена Большой премией издательства «МАИК-НАУКА».

В части практической реализации наших научных результатов по хоздоговорам и контрактам были произведены и поставлены заказчиком заготовки оптических элементов из ZnSe, волоконные световоды, хлориды, гидриды селена, серы, моносульфид мышьяка. Выполнялись договорные работы по анализу веществ и материалов.

Как нам представляется, в 2010 г. выдающимися результатами должны стать следующие наши разработки.

Получение монокристаллических  $^{29}\text{Si}$ ,  $^{30}\text{Si}$ ,  $^{28}\text{Si}$  с рекордно высокой изотопной и химической чистотой, высокоточное исследование их физических и химических свойств.

Получение монокристаллического германия, обогащенного изотопом  $^{76}\text{Ge}$ .

Разработка технологии теллуридных одномодовых световодов с малыми потерями.

Разработка стандартных образцов особо чистых наноразмерных порошков.

Разработка технологии слоев КРТ для приемников ИК-излучения.

В кадровой работе для научных подразделений упор будет сделан на подготовку квалифицированных специалистов через аспирантуру и магистратуру. Мы участвуем в подготовке специалистов на кафедре неорганической химии и химии высокочистых веществ химфака ННГУ. Сейчас мы получаем 3–5 молодых специалистов в год с приемлемым качеством подготовки и с хорошей мотивацией. Это зримые плоды того, что называют интеграцией науки и образования.

Наша инновационная работа может идти через созданную ранее фирму «НН Оптика» или через новые фирмы, которые можно создавать в соответствии с известным федеральным законом № 217. Это путь, по которому нам придется идти, и здесь далеко не все просто и очевидно. Однако это приемлемый вариант развития. Важным направлением усилий остается, конечно, модернизация и наращивание научного и производственного оборудования.



**Академик Г. А. Абакумов,  
директор Института  
металлоорганической химии  
им Г. А. Разуваева РАН**

– В институте металлоорганической химии РАН ведутся в основном экспериментальные исследования. Так исторически сложилось, что число научных сотрудников у нас составляет примерно 85%. Это много, и в этом есть свои достоинства и недостатки.

Институт в основном занимается традиционными исследованиями в области химии металлоорганических

и координационных соединений, свободных радикалов и процессов полимеризации. Одно из главных наших научных направлений последних лет в области свободных радикалов и координационной химии – *получение лигандов переменной валентности*. После того как в 2002–2003 гг. впервые в мире нами были обнаружены комплексы непереходных металлов, обратимо присоединяющих молекулярный кислород, мы считаемся монополистами в этой области. 2009 г. не был исключением и тоже принес свои плоды. Нам удалось найти структурные закономерности, определяющие возможности протекания такой обратимой реакции. Есть серьезная идея попытаться получить гомогенный катализатор окислительно-восстановительных реакций на непереходном металле, но с лигандом переменной валентности, что еще никому в мире не удавалось. Все это кардинально расширяет наши представления о гомогенном катализе. А следующий возможный этап – это исследование катализа в биологических системах, это невероятно интересная научная область.

В свое время наш институт прославился открытием гидридного метода синтеза металлоорганических соединений с прямой химической связью металл – металл, который назвали методом Вязанкина – Разу-

ваева. С помощью этого метода в институте получили довольно длинные цепочки полиметаллических связей с участием как непереходных элементов, так и переходных металлов. В этом году наши ученые совершили качественный скачок в *исследованиях связей металл – металл*, а именно, им удалось получить ковалентные связи между очень разными по свойствам металлами: ранним переходным металлом иттрием и поздним переходным металлом рутением.

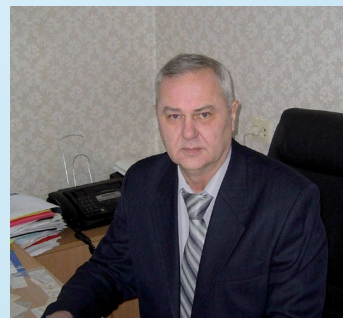
Продолжаются работы прикладного направления. Успешно конкурируют между собой две научные группы докторов наук И.Л. Федюшкина и А.А. Трифонова по *получению биодеградирующих, или саморазрушающихся, полимеров*. Не менее интересная прикладная работа по *получению органических светодиодов* ведется в группе профессора М.Н. Бочкарева – область, где Россия пока сильно отстает от Запада и Японии.

В области *полимерной химии* мы получили также крайне интересные результаты. Так, используя нелинейный характер реакции фотополимеризации, мы научились создавать полимерные световодные каналы в жидкой олигомерной фазе и управлять их геометрией. Этот эффект может быть использован для легкой коммутации оптических световодных волокон.

С финансовой точки зрения ушедший год был не хуже, чем предыдущий. Среднюю зарплату научного сотрудника нам удалось увеличить с 28 тыс. руб. до 30,6 тыс. руб. Серьезную поддержку в этом оказали гранты, в том числе и региональные.

Если говорить о планах на 2010 г., то в основном это будут работы по исследованию металлоорганических соединений, по комплексам свободных радикалов, фотополимеризации. Продолжатся очень интересные исследования в области синтеза фуллеренов и их производных, многослойных нанотрубок, а также начатые ранее работы в содружестве с физиками: по световодам – с ННГУ им. Н.И. Лобачевского; по просветлению оптики – с ИПФ РАН, по эффекту гнущихся кристаллов – с ИФМ РАН. Есть и другие задумки, будем двигаться дальше.

**Профессор В. Н. Перевезенцев,  
директор Нижегородского  
филиала Института  
машиноведения  
им. А. А. Благоврава РАН**



– В 2009 г. наша работа проходила по основным научным направлениям, связанным с ресурсом, надежностью, прочностью машин и сложных технических систем; волновой динамикой машин, виброзащитой и виброакустикой машин и конструкций; проблемами повышения износостойкости и снижения энергетических потерь в машинах и оборудовании; проблемами использования наноматериалов и нанотехнологий для объектов машиностроения.

Среди полученных результатов хочу выделить *модуляционный метод гашения резонансных колебаний роторных систем*, согласно которому амплитуды таких колебаний могут быть существенно уменьшены без использования дополнительных демпфирующих устройств 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 применим для гашения резонансных колебаний роторных систем любого типа (турбины, центробежные насосы и т. д.), с его помощью возможен также плавный переход из дорезонансных в послерезонансные режимы. Эта разработка выполнена доктором наук В.И. Ерофеевым, кандидатами наук Н.Н. Веричевым и С.Н. Веричевым. Ими получен международный патент «Damping of ESP lateral vibrations using modulation of motor speed» (WO 2009/096806 A1). Материалы вошли в международную коллективную монографию «Mechanical Vibrations: Measurement, Effects and Control», вышедшую в США. Метод уже нашел свои применения при разработке погружных насосов нового типа, используемых для нефтедобычи.

Один из разработчиков этого метода, 34-летний Станислав Веричев, который несколько лет назад был удостоен медали РАН и премии для молодых ученых, в конце года успешно защитил докторскую диссертацию. Кстати, прошедший год был, учитывая небольшую численность нашего филиала, «урожайным» на успешные защиты. Сотрудниками и аспирантами филиала были защищены, помимо этой докторской, еще и четыре кандидатские диссертации.

**Доцент С. С. Балабанов,  
заведующий нижегородским  
отделом Института  
социологии РАН**



– Нижегородский отдел Института социологии (ИС) РАН с 1983 г. является единственным региональным подразделением ИС и работает по различным направлениям социологических исследований.

В 2009 г. мы работали по плану научно-исследовательских работ ИС РАН над общей темой: «Социально-политическое развитие региона: тенденции, перспективы», а также по тематике Отделения общественных наук РАН, инициативным темам нашего отдела и в рамках договора о научном сотрудничестве с факультетом социальных наук ННГУ им Н.И. Лобачевского.

Более 15 лет остается актуальным в Нижегородской области и России в целом проект «Открытая социология», который осуществляется под руководством авторитетного социолога А.В. Прудника. Данные опросов общественного мнения по тем или иным проблемам благодаря его выступлениям по нижегородскому телевидению становятся достоянием населения и препятствуют манипулированию общественным мнением в регионе. В рамках этого проекта нашим отделом в 2009 г. было проведено 24 исследования различного уровня, среди которых 17 исследований полного цикла, 7 – полевые этапы исследований в Нижегородской области.

На протяжении многих лет в обществе остаются востребованными исследования по такому направлению нашей работы, как «Социология региональных конфликтов». 2009 г. не стал исключением. На-

шими сотрудниками были проведены такие исследования, как «Социальные напряжения и конфликты в региональных центрах России», мы приняли участие в российско-болгарском межакадемическом проекте «Социально-философские проблемы обеспечения социальной безопасности взаимодействия государства, бизнеса и гражданского общества в современной Европе и России».

Совместно с Нижегородским госуниверситетом им. Н.И. Лобачевского для изучения учащейся молодежи по широкому спектру социальных вопросов отдел провел крупномасштабный интернет-опрос, в котором приняли участие 3306 студентов дневных отделений нижегородских вузов. Первое такое исследование на тему «Нижегородское студенчество» проводилось в 2000 г. Неизменным руководителем этих работ является профессор ННГУ З.Х. Саралиева. Под ее руководством и по заказу правительства Нижегородской области ежегодно наш отдел с участием преподавателей и студентов факультета социальных наук ННГУ проводит исследования по семейной политике в регионе. В последние 3 года реализуется два проекта – «Ценность детей» и «Развитие партнерских отношений». Оба исследовательских проекта выполняются совместно с Техническим университетом г. Хемниц (Германия) и связаны с изучением трансформации современной семьи.

Если говорить о сотрудничестве с вузами нашего города, то следует отметить, что отдел участвует в подготовке специалистов высшей квалификации. Наши сотрудники осуществляют научное руководство аспирантами-социологами на профильных кафедрах ННГУ им. Н.И. Лобачевского и НГЛУ им. Н.А. Добролюбова.

Научные сотрудники Нижегородского отдела ИС РАН ведут и активную научно-практическую работу. В 2009 г. мы приняли участие в 16 международных научно-практических конференциях, нами опубликовано 33 научные работы (из них 7 – в журналах из перечня ВАК, 3 – в зарубежных изданиях).

Беседовала И. Тихонова

## ФОРМУЛА УСПЕХА

*Беседой с членом-корреспондентом РАН, профессором, доктором химических наук А. Н. Гурьяновым мы открываем новую рубрику нашего вестника с целью знакомить читателей с ведущими учеными, трудами и заслугами которых славятся институты ННЦ РАН. Алексей Николаевич – один из таких ученых. Область его научных интересов – волоконные световоды с предельно низкими потерями, которые создаются в его лаборатории из предельно чистых материалов. Это как раз те световоды, которые на протяжении уже многих лет являются одной из «визитных карточек» Института химии высокочистых веществ РАН.*

### «С легкой руки Г. Г. Девярых...»

**Алексей Николаевич, расскажите немного о себе.**

– Моя малая родина – Курмышский (теперь Пильнинский) район Горьковской области. Там прошло мое послевоенное детство. В 1956 г. мы переехали в Горький вслед за старшим братом (а нас у матери было четверо), который и заменил нам отца. Мама наша, Мария Георгиевна, была простой крестьянкой, но стремилась к тому, чтобы все мы получили хорошее образование. Может быть, это тоже сыграло свою решающую роль в переезде в город. Жили тяжело, но, тем не менее, все получили профессии и стали достойными людьми.

**Вы всегда увлекались химией? Как получилось, что вы стали ученым-химиком?**

– Когда я окончил среднюю школу в 1961 году, брат устроил меня лаборантом в НИИ химии при ГГУ им. Н.И. Лобачевского, в лабораторию разделения смесей. Заведующим лабораторией был Аркадий Данилович Зорин, а научным руководителем был заведующий кафедрой неорганической химии профессор Григорий Григорьевич Девярых. Они и определили мое будущее. Аркадий Данилович привил мне навыки химического эксперимента, что мне очень пригодилось в будущем. Григорий Григорьевич внимательно относился ко всему, что происходило в лаборатории, много общался с сотрудниками, даже с нами – младшим обслуживающим персоналом. Как-то в такой вот беседе он сказал, что мне надо бы учиться дальше. Мне нравилось работать среди людей, «творивших нечто», да и сама атмосфера увлеченности делом, которая царилась в лаборатории, сыграла свою роль в моем профессиональном самоопределении. В 1962 г. я поступил на вечернее отделение химического факультета. Успешно окончил его в 1968 г. и по рекомендации Г.Г. Девярых поступил в очную аспирантуру на его кафедру. С большим интересом работал над темой диссертации: «Влияние изменения размера

кристаллов по высоте кристаллизационной колонны на ее разделительную способность», где впервые было показано, что при движении кристаллов по колонне они растут и этот фактор существенно снижает разделительную способность колонны. В 1974 г., когда весь экспериментальный материал был собран, я защитил диссертацию. Так, с легкой руки Г.Г. Девярых, я вошел в химическую науку. Мое дальнейшее научное определение тоже связано с его именем.

**Вы более 30 лет занимаетесь получением высокочистых веществ для волоконной оптики. Почему именно волоконная оптика стала вашим научным направлением?**

– 1960–70-е гг. физики активно занимались разработкой новых средств связи, так как традиционные уже не справлялись с возрастающей потребностью в передаче информации. В своих поисках они обратились к диэлектрическим волноводам, или, как их стали называть, волоконным световодам, способным распространять свет на большие расстояния. Волоконная оптика обеспечила бы революционный скачок в развитии средств связи, и не только. Исходным материалом для получения световодов были выбраны стекла – самые прозрачные среды. Однако стекла того времени содержали много примесей, что приводило к очень большим потерям, до двух раз





на одном метре. Казалось, что все исследования физиков зашли в тупик, но в 1966 г. появилась статья американских ученых Као и Хокхема о том, что стекло является не таким уж плохим материалом, и что только примеси мешают резко снизить оптические потери. Если улучшить технологию получения стекла, то и потери можно снизить до 20 дБ на километр, что уже представляло определенный интерес для производства. Работы по получению волоконных световодов с малыми оптическими потерями в нашем институте начались с 1974 г. по предложению академика А.М. Прохорова, очень известного физика, нобелевского лауреата, который тогда был заместителем директора Физического института Академии наук СССР. Поскольку для получения световодов с предельно низкими оптическими потерями требовались исходные вещества высокой степени чистоты, А.М. Прохоров предложил Г.Г. Девятым заняться этой проблемой. С того времени Институт химии высококичистых веществ начал тесное сотрудничество с А.М. Прохоровым, регулярно приезжавшим к нам, а также с Е.М. Диановым, который впоследствии стал академиком и возглавил в 1994 г. Центр волоконной оптики РАН. С тех пор его Центр – наш постоянный партнер и заказчик. Вот так получение высококичистых материалов для волоконной оптики стало моим основным научным направлением.

### С чего начиналась эта работа?

– Конечно, лидерство в области получения волоконных световодов принадлежало западным компаниям, наша страна на два-три года отставала, но мы внимательно следили за всеми достижениями в этой области. В 1970 г. крупная американская фирма Corning Glass опубликовала первую работу, в которой сообщалось, что на основе кварцевого стекла им удалось получить световод с потерями 20 дБ на километр, это считалось отправной точкой для получения уже промышленных образцов. В качестве исходных веществ они взяли летучие соединения – хлориды, что потом стало широко использоваться и открыло перспективы для получения световодов на основе высококичистого кварцевого стекла.

В нашем институте к этому времени уже были разработаны методы глубокой очистки хлоридов кремния, германия, фосфора и бора, которые мы и использовали в качестве исходных соединений. Мы добились, чтобы полученное стекло было химически устойчиво, не кристаллизовалось, было высоко прозрачным. Сразу выбрали кварцевое стекло как уникальное по своим свойствам. Единственный его недостаток – высокая температура плавления, выше 1300 °С. Поэтому работа с ним потребовала создания совершенно новых технологий.

За основу создания световода мы взяли метод химического осаждения из газовой фазы внутри опорной трубы. Он заключается в следующем: в качестве реактора берется кварцевая труба, которая закрепляется в специальном оборудовании и нагревается с помощью газовой горелки. Горелка движется вдоль вращающейся трубы и нагревает ее до температуры порядка 1700 °С. В трубу подается смесь паров хлоридов с кислородом. В зоне нагрева протекают реакции, в результате которых на стенках трубы слой за слоем осаждается стекло заданного состава. Поскольку в конечном виде световод должен иметь двухслойную структуру, то вначале на трубу наносится материал отражающей оболочки, а затем материал сердцевины, который должен иметь показатель преломления выше, чем материал кварцевой оболочки. Для получения стекла с нужным показателем преломления кварцевое стекло легируется различными добавками, чтобы образовался тончайший слой стекла нужного состава. Важно отметить, что этот метод позволяет изменять показатель преломления по сечению световода (так называемые градиентные световоды), для чего меняется состав газовой фазы и от слоя к слою создается любая конфигурация световода. После прекращения подачи реагентов трубу необходимо превратить в стержень тем же методом нагревания, но уже до 2000 °С. Затем из этой заготовки вытягивается световод нужной толщины. Особенностью этого метода является сохранение исходной чистоты вещества, что важно для сохранения качества. К 1975 г. мы получили первые образцы световодов, сделали первую публикацию и начали совершенствовать свою технологию.

### Тогда и была создана лаборатория?

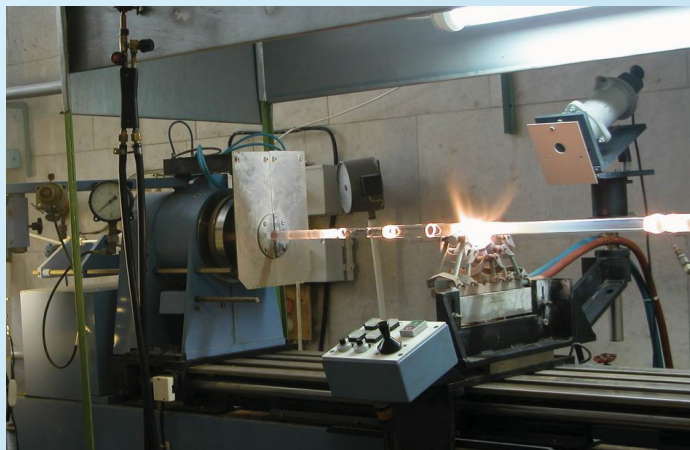
– Да. Лабораторию создали в 1975 г., сначала как лабораторию материалов для волоконной оптики, а затем она преобразовалась в лабораторию технологии волоконных световодов. Первым заведующим был к.х.н. А.С. Юшин, а после его ухода в 1981 г. лабораторию предложил принять мне. Было большое желание наладить промышленное производство световодов, уже имелись первые результаты использования волоконно-оптической связи – телефонные линии в Зеленограде (1977) и Горьком (1980), телевизионная линия в Москве. Кроме того, волокон-

ные световоды использовались при разработке различных конструкций волоконно-оптических кабелей, датчиков различных физических величин, волоконных лазеров и усилителей. Но, к сожалению, необходимого оборудования наша страна не производила. И все попытки академика А.М. Прохорова организовать производство такого высокоточного оборудования не увенчались успехом, даже несмотря на то что были несколько постановлений правительства. Заводы, выпускающие токарные станки, из-за большой плановой загрузки напрочь отказывались от производства непрофильного для них оборудования. В результате в конце 80-х гг. страна закупила целиком маленький завод по производству световодов этим методом, причем в Англии. Завод начали монтировать в городе Гусь-Хрустальный, но до пуска-наладочных работ дело не дошло – грянула «перестройка». Нашему институту удалось купить часть этого оборудования и перевезти в нашу лабораторию, но судьба остального очень печальна.

Надо сказать, что коллектив, сложившийся к 1974 г., а это было дружество физиков и химиков, не прекращал своей научной и практической работы даже в те трудные времена. Мы перешли с производства градиентных световодов на одноомодовые. Правда, сотрудничали в основном с зарубежными фирмами. За разработку физико-химических основ технологии волоконных световодов в 1985 г. наш авторский коллектив был награжден премией АН СССР и АН ГДР. В 1988 г. я защитил докторскую диссертацию, ряд сотрудников стали кандидатами наук. Свои результаты мы активно публиковали, в том числе и в зарубежных научных журналах. Результаты наших совместных с физиками исследований регулярно докладывались на различных отечественных и международных конференциях. У нас даже есть международный патент совместно с американцами на световоды с высокой концентрацией оксида фосфора для волоконных лазеров.

### Расскажите, пожалуйста, о волоконных лазерах. Это то, над чем сейчас работает ваша лаборатория?

– В одном из своих докладов академик Е.М. Дианов сказал, что в последние годы развитие волоконной оптики концентрируется на разработке волоконных лазеров нового поколения, которые открывают большие возможности в промышленности, медицине, астрономии, спектроскопии, военном деле и даже в бытовой автоматике. Попытки создать такой лазер были предприняты еще в 1960 г. американским ученым Элиасом Сницером, на многие годы опередившим свое время, но получить результат ему не удалось – тогда не было еще качественных световодов.



В нашей стране у истоков развития оптоволоконных лазеров стояли такие выдающиеся ученые, как академики А.М. Прохоров, В.А. Котельников и Е.М. Дианов. Принципиальное преимущество волоконных световодов как лазерной среды по сравнению с объемными средами заключается в низких оптических потерях, большой длине взаимодействия и малом диаметре световедущей жилы, что обеспечивает высокую эффективность накачки излучением лазерных диодов.

Мы впервые в мире создали новое поколение активных волоконных световодов – висмутовых волоконных световодов, благодаря чему в Научном центре волоконной оптики были разработаны волоконные лазеры и усилители, генерирующие в широкой спектральной области – от 1,1 до 1,55 мкм. Но сначала были получены световоды, легированные неодимом, иттербием, эрбием с оптическими характеристиками, не уступающими лучшим зарубежным аналогам. За рубежом на их основе лазеры уже выпущены и интенсивно используются в промышленности. Мы тоже не отстаем, например, в Нижнем Новгороде на ЗАО «Инструмент»

несколько лет успешно работает первый раскройный комплекс на основе иттербиевого лазера мощностью 2000 Вт. Вот этот стальной кленовый листочек вырезан за 10 с. А в основном производство выпускает дисковые пилы из 10-мм стали диаметром 2 м для резки дерева. Изделие, полученное с помощью лазера, не требует дополнительной шлифовки поверхности.

У оптоволоконного лазера большие перспективы – он может использоваться там, где применение большой лазерной установки нецелесообразно, например, на столе у врача (лазерный скальпель). Поскольку активным элементом такого лазера является волоконный световод, сердцевина которого легирована ионами редкоземельных металлов, устройство получается компактное, с большой выходной мощностью, не требующее охлаждения и легкое в применении.

#### Где вы находите сотрудников для своей лаборатории?

– Сегодня вместе с молодежью нас 12 человек – до перестройки было 30... Но те, кто остался, – это поистине наш «золотой запас». Не могу не назвать их – это ведущий научный сотрудник Владимир Федорович Хопин, которому принадлежат такие достижения, как разработка первых отечественных световодов с предельно низкими оптическими потерями, световодов на основе кварцевого стекла для волоконных лазеров; Михаил Викторович Яшков, разработавший световоды на основе кварцевого стекла, легированного редкоземельными элементами; Николай Николаевич Вечканов, занимающийся вытяжкой световодов, все наши уникальные световоды вытянул он.

Молодежь мы готовим на кафедре неорганической химии в ННГУ им. Н.И. Лобачевского, где читаем специальный курс по химии и технологии материалов для волоконной оптики, но также приглашаем выпускников других вузов. Например, сейчас у нас есть аспиранты, окончившие Мордовский государственный университет. К сожалению, из-за низкой заработной платы многие очень перспективные выпускники уходят.

**В 2000 году вас избрали членом-корреспондентом Российской академии наук, вы признанный специалист в нашей стране и за рубежом в области световодов. Как вы видите дальнейшее развитие волоконной оптики?**

– К сожалению, в нашей стране в настоящее время нет промышленного производства волоконных световодов, хотя большинство развитых стран его имеют. Если мы хотим обладать развитой сетью современной оптической связи, необходимо наладить собственное производство. Определенные сдвиги имеются. Например, Пермская научно-производственная приборостроительная компания осваивает производство некоторых типов специальных волоконных световодов. Институты РАН оказывают помощь в организации этого производства. Прорабатывается также проект об организации производства световодов для систем связи в Саранске. Но это пока только начальные сдвиги...

**Хочется пожелать, чтобы эти сдвиги были более решительными и в стране появилось свое наукоемкое производство оптических волокон, а у вашей лаборатории – устойчивый спрос на новые разработки.**

*Беседовала И. Тихонова*

## НОВЫЕ ИМЕНА

*Мы открываем рубрику, в которой будем представлять молодых ученых ННЦ РАН – увлеченных своим делом, уже достигших значимых результатов и, кроме того, не равнодушных к тому, как устроена научная жизнь в их родных институтах. Можно с уверенностью сказать, что в таких новых именах – будущее академической науки Нижнего Новгорода. Новая рубрика начинается беседой с Даниилом Сергеевым, с. н. с. ИПФ РАН, председателем совета молодых ученых и специалистов института.*

### Бассейн экспериментов

*Для справки:*

**Сергеев Даниил Александрович** родился в Горьком в 1980 г. В 1997–2003 г. обучался на факультете «Высшая школа общей и прикладной физики» ННГУ им. Н.И. Лобачевского. Научную работу в ИПФ РАН начал вести с 3-го курса, а после окончания университета в 2003 г. стал сотрудником отдела нелинейных геофизических процессов. Закончил аспирантуру ИПФ РАН, в 2006 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Лабораторное моделирование течений в толще и на поверхности океана с использованием цифровой велосиметрии» (специальность 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы, научный руководитель – д.ф.-м.н. Ю.И. Троицкая).

Неоднократно становился лауреатом научных конкурсов: «Лучшие аспиранты РАН» по программе Фонда содействия отечественной науке (2005–2006 г.), «УМНИК» Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (2007–2008 г.), получил грант Президента РФ для молодых кандидатов наук (2009–2010 г.), награжден почетным дипломом Губернатора Нижегородской области (2008 г.)

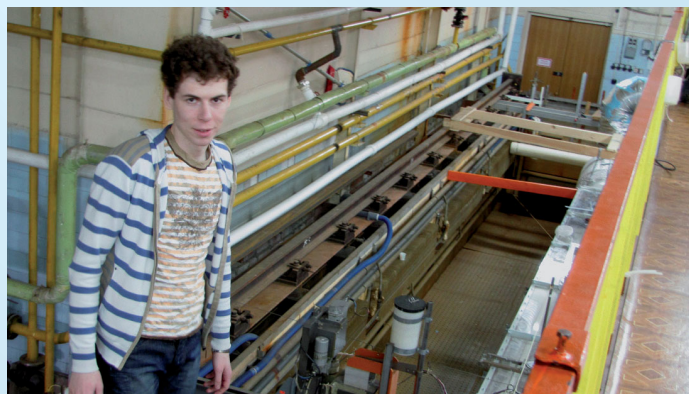
За цикл научных работ по направлению «океанология, физика атмосферы и география» награжден медалью РАН с премией для молодых ученых (2009 г.).

**Вы стали призером конкурса 2009 г. среди молодых ученых РАН за цикл работ по лабораторному моделированию геофизических явлений в океане. Какие задачи решались в ходе экспериментов?**

– Лабораторное моделирование геофизических течений, наблюдающихся в атмосфере или в океане, является составной частью исследований физики окружающей среды. Изучение взаимодействия воздушных потоков атмосферы с поверхностным морским волнением, динамики как природных, так и антропогенных турбулентных течений в приповерхностном слое океана и их проявлений на морской поверхности – все это имеет очень важное значение с точки зрения метеорологии, контроля экологической обстановки, прогнозирования климата. Как видите, это весьма сложные проблемы, требующие проведения сложных и масштабных натурных экспериментов.

У лабораторного эксперимента есть целый ряд преимуществ перед натурным. Во-первых, это возможность повторения и полного контроля условий проведения эксперимента; во-вторых, отсутствие многих мешающих факторов; наконец, это возможность изменения условий в широком диапазоне, и, как следствие этого, возможность прогнозирования

ситуации применительно к натурным условиям. Именно возможность прогнозирования реального природного явления – важнейший результат модельного лабораторного эксперимента.



Для проведения лабораторного моделирования строят специальные стенды. Один из крупнейших таких стендов в области лабораторной гидрофизики находится в ИПФ РАН. Это Большой термостратифицированный бассейн (БТСБ), оснащенный недавно специальным ветроволновым каналом. Этот бассейн дает уникальные возможности для моделирования многих гидрофизических процессов, наш институт им по праву гордится – редкий визит в ИПФ РАН академического и другого начальства обходится без посещения этой уникальной установки. Добавлю еще, что стенд БТСБ – результат замечательной придумки академика В.И. Таланова. Еще в первые годы работы ИПФ Владимир Ильич предложил очень оригинальный и эффективный, хотя и простой по своей сути, способ создания термостратификации в лабораторном бассейне, моделирующий реальный глубинный профиль температуры в океане в масштабе примерно 1:100. Всеми инженерно-конструкторскими работами по строительству бассейна руководил С.Д. Богатырев, к сожалению, уже ушедший из жизни. Бассейном, замечу, много по всему миру, в том числе научных (не только инженерных), но такого не было двадцать лет назад нигде, да и сейчас, если есть, то по кальке с нашего.

Однако при лабораторном моделировании, как и во всяком эксперименте, важную роль играет правильный выбор и оптимизация методов измерения. Только на основе количественной информации можно сде-

лать прогнозы, проверить теоретические модели. Мне удалось оптимизировать современные методы цифровой велосиметрии (Particle Image Velocimetry – PIV) для моделирования реальных геофизических течений как в подповерхностных слоях, так и над поверхностью жидкости. Универсальность и эффективность таких методов позволили в короткие сроки провести цикл оригинальных экспериментальных работ по моделированию течений в приповерхностном слое реального океана, результаты которых и были удостоены медали РАН.

#### **В чем особенности этого метода, почему выбрали именно его?**

– Еще при выполнении магистерской дипломной работы моим научным руководителем была поставлена не просто научная задача, а было предложено участвовать в выполнении проекта, в рамках которого необходимо было провести экспериментальные исследования с измерением полей скорости течений. В первую очередь пришлось разобраться с используемыми для этого современными измерительными методами и выбрать оптимальное решение. Окунувшись в проблему, я понял, что методы, основанные на визуализации течений, и методы цифровой велосиметрии в том числе, на сегодняшний момент являются наилучшими по совокупности многих характеристик: точность, универсальность, простота в использовании, доступность и т. д. Если говорить просто, то принцип работы этих методов заключается в добавлении в жидкость или газ (воздух) каких-либо подходящих плавающих маркеров (частичек, капелек, пузырьков и т. д.), регистрация и обработка движений которых в поле течения и позволит восстановить его картину, точнее, поле скоростей в этом течении. И современное бурное развитие цифровой видеотехники, компьютерных методов анализа видеоизображений выдвинуло эти методы в передовые инструменты гидрофизических исследований.

К сожалению, в использовании этих методов в нашей стране серьезное отставание. Тем не менее в результате наших работ уже через 3 года была разработана лазерная PIV-система на основе собственного программного обеспечения, которая и используется нами на крупнейшем гидрофизическом стенде РАН – Большом термостратифицированном бассейне.

#### **Кто руководил работой?**

– Работой руководила Юлия Игоревна Троицкая, доктор физико-математических наук, профессор, заведующая отделом нелинейных геофизических процессов ИПФ РАН. Хотелось бы, пользуясь таким хорошим случаем, поблагодарить ее за руководство, внимание, помощь, большое личное участие, которые она проявила сначала при выполнении мною дипломных работ, а потом и при подготовке кандидатской диссертации. Она вообще много времени уделяет воспитанию молодежи и подготовке новых кадров. Сейчас, например, у нее обучаются в аспирантуре 2 человека, 5 студентов под ее руководством выполняют дипломные и курсовые работы, она много преподает – на факультете ВШОПФ и радиофизическом факультете ННГУ им. Н.И. Лобачевского.

Значительную помощь в освоении и применении этой новой техники эксперимента мне оказал и начальник стенда Василий Иванович Казаков. Он, можно сказать, настоящий ветеран термостратификации в нашем институте, с его непосредственным участием были созданы и запущены большой бассейн и две его предшествующие модели, так что у него имеется обширный личный опыт в моделировании течений в стратифицированной жидкости и общих методах гидрофизического эксперимента.

#### **Какие трудности возникают, и как удается с ними справиться?**

– Экспериментальные работы требуют подчас значительного финансового обеспечения: новая измерительная техника и поддержание таких экспериментальных стендов, как БТСБ, требуют немалых средств. Но техника и аппаратура – это еще не все. Чтобы ее обслуживать, необходимы инженеры, лаборанты. К сожалению, сейчас особый дефицит таких специалистов. Поэтому научным сотрудникам, осуществляющим экспериментальные исследования, приходится зачастую самим осваивать инженерные специальности. Но именно поэтому и удалось, вникнув в суть проблемы, найти наиболее оптимальное решение для наших задач. Подчеркну, что мы создали PIV-систему на основе компонентов отечественного производства, она оказалась не только более простой в использовании, но и доступной по цене. Для сравнения: стандартный измерительный комплекс для исследования PIV-методами зарубежного производства позволяет проводить измерения и в более широком диапазоне скоростей, но стоит в 15 раз дороже. Фактически, мы создали оптимальный для нас вариант установки для исследования потоков с малыми и средними скоростями и сейчас наращиваем ее потенциал.

#### **Разрабатываемые методы используются только в лабораторных экспериментах по моделированию природных гидрофизических процессов?**

– Основное достоинство этих методов – их универсальность, что позволяет использовать их в широком спектре прикладных задач: от промышленно-технологических до медико-биологических. Течения жидкости ведь есть везде, и на макро- и на микроуровнях. Нам уже удалось найти достаточно интересные применения нашему измерительному комплексу за рамками «большой гидрофизики». В совместных с отделом кристаллографии ИПФ РАН исследованиях мы с помощью PIV-методов помогли им оптимизировать характеристики гидродинамических течений, используемых для более качественного выращивания водорастворимых кристаллов с большой апертурой для мощной лазерной оптики. Там совсем другие масштабы, но подобная техника оказалась снова на высоте – визуализация течений помогла продвинуть эту технологию, которая является одной из фирменных и широко известных разработок ИПФ РАН.

#### **А что мы все о научных проблемах, достижениях, результатах? Вспомните, пожалуйста, какой-нибудь курьезный случай из вашей профессиональной жизни, то, что вы сами вспоминаете с улыбкой.**

– Курьезы в экспериментальных работах случаются сплошь и рядом, даже трудно выделить какой-нибудь очень запоминающийся. То во время проведения эксперимента забудешь камеру включить на запись и потом жалеешь об упущенных реализациях (может, самых интересных?), то бассейн нальешь выше необходимого для работы уровня, приходится тормозить измерения и сливать лишнюю воду. Один раз, чтобы очистить поверхность бассейна от пыльной пленки, которая постоянно присутствует на поверхности жидкости в помещениях (если оно, конечно, не совсем стерильное), мы аккуратно застелили всю поверхность бассейна (а это 80 м<sup>2</sup>) газетами, а потом их аккуратно собирали. Смешно, наверное, было смотреть на этот процесс выкладывания газет на водную гладь со стороны, но ничего не поделаешь – измерения того требовали, мы решили проблему просто и даже со вкусом. Это, кстати, не просто научные курьезы, это реальный опыт большого эксперимента.

#### **Наконец, расскажите о вашей околонулевой активности, о работе совета молодых ученых ИПФ РАН. Вы же не только инициативный и талантливый исследователь, но один из самых активных молодых сотрудников института. Чем дышит сейчас совет, какие ваши надежды в связи с его настоящим и будущим?**

– В совет молодых ученых и специалистов ИПФ РАН я вошел в 2006 году, а в 2007 году стал его председателем. Вообще, в нашем институте работа с молодежью всегда была среди главных приоритетов руководства. Но в последние несколько лет и в стране в целом стали уделять значительно больше внимания молодежной научной политике. Организуются конкурсы, со всех сторон выделяются гранты для молодых ученых. Основные задачи нашего совета как раз и заключаются в информировании наших молодых сотрудников о проведении подобных мероприятий, в осуществлении взаимодействия с руководством института в вопросах молодежной политики, в представлении интересов молодых сотрудников на всех уровнях. К слову, у нас весьма молодой, по нынешним академическим меркам, институт, причем много активных ребят. Нашему совету есть с кем работать, есть о ком думать! Это результат, конечно, той многолетней и многоплановой работы руководства института и научных отделений по всем вопросам, которые связаны с молодежью – по подготовке кадров, их научному росту, да и просто атмосфера в институте такова, что здесь интересно и приятно работать. Так что совет стремится во всем помогать и продвигать молодежные вопросы на всех уровнях.

Например, мы активно заняты организацией и проведением всех научных мероприятий с участием молодых сотрудников ИПФ РАН, прежде всего, конкурсом работ молодых ученых, которые проходят у нас каждый год на высоком уровне и участие в которых является весьма престижным делом. Я и сам неоднократно в них участвовал, поскольку это очень полезно со всех точек зрения. Конечно, мы участвуем в решении социальных вопросов молодых сотрудников нашего института, хотя здесь, по понятным причинам, большого простора для деятельности нет. Наконец, наладили и всерьез поддерживаем взаимодействие с аналогичными молодежными советами в других научно-образовательных институтах города, да и не только города – всегда интересно узнать, как устроена «молодежная жизнь» в близких по профилю академических институтах. Это далеко не праздное любопытство, но весьма полезный обмен опытом.

*Беседовала И. Тихонова*

## ЛАЗЕР: ПЕРВЫЕ 50 ЛЕТ

*Лазер. Это слово, а точнее, аббревиатура английской фразы «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation – LASER», которая дословно переводится как «усиление света посредством вынужденного испускания излучения», известно всем. Хотя, кроме специалистов, мало кто задумывается о том, сколько глубокой физики «спрятано» в этом привычном коротком слове. В 2010 году исполнилось ровно 50 лет этому замечательному человеческому изобретению, удивительно быстро и прочно вошедшему не только в физику, но и буквально во все сферы нашей жизни. Фрагменты весьма яркой истории лазерной физики в Нижнем Новгороде с читателями поделился зав. отделом ИФФ РАН доктор физико-математических наук А.А. Бабин, вся научная жизнь которого связана с лазерной физикой. Редакция выражает искреннюю признательность автору за труд по написанию данной статьи, а также академикам А. В. Гапонову-Грехову и В. И. Таланову за ценные замечания, высказанные в процессе подготовки материала.*

### Что в имени твоём?

Сегодня лазеры используются повсеместно, в самых различных областях. Они прочно вошли в бытовую технику в виде лазерных дисков, принтеров, аудио- и видеоаппаратуры, качество которых продолжает непрерывно совершенствоваться. Без лазеров также невозможно представить современные волоконно-оптические линии связи, благодаря которым обеспечиваются все современные коммуникации, и в частности всемирная сеть Интернет. В промышленных технологиях лазеры используются для прецизионной обработки и модификации материалов. Лазеры обеспечивают высокоточное зондирование удаленных объектов, они незаменимы в дистанционном мониторинге окружающей среды. В медицине лазеры успешно заменяют скальпель при тончайших (и не очень) хирургических операциях, а также широко используются в диагностике и терапевтическом лечении. Во многих системах вооружения лазеры также занимают центральное место. Наконец, с лазерами связан целый ряд фундаментальных исследований, о некоторых пойдет речь ниже. Одним словом, современное общество уже невозможно представить без лазеров и лазерных технологий, и само это слово – лазер – может являться одним из ключевых символов научно-технического прогресса. А начиналось все 50 лет назад...

В 1960 г. в ведущем мировом научном журнале «Природа» (Nature, 187, 493–494) появилась публикация американского физика Теодора Меймана (T.N. Maiman), в которой сообщалось о запуске первого в мире оптического квантового генератора на рубине. Этот генератор как раз и был тем прибором, который позднее стал повсеместно называться лазером. Произошло это ключевое событие 16 мая 1960 г. Несколько месяцев спустя, в начале 1961 г., лаборатория Bell Labs (США) сообщила о создании первого образца газового лазера, работающего на смеси гелия и неона. Затем был получен лазерный эффект на парах цезия, других газов, и уже вскоре началась демонстрация возможностей построения лазеров на множестве различных сред и материалов. Так началась совершенно новая, лазерная эпоха в физике, давшая, в свою очередь, мощное начало многим научным направлениям.

Однако, говоря о лазере как новом источнике стимулированного (вынужденного, индуцированного – все эти термины равноправны) оптического излучения, нельзя не сказать о том, что несколько раньше идея стимулированного излучения была реализована в более длинноволновом диапазоне. Исторически первыми появились *мазеры*, созданные на молекулярных пучках аммиака (1954–1955), и этот термин образован точно такой же аббревиатурой с заменой английского light (свет) на microwave (микроволны, к которым относят широкий диапазон электромагнитных волн с длинами от дециметров до миллиметров, т.е. волны СВЧ-диапазона). Более того, сами лазеры поначалу называли иногда «оптическими мазерами», что только подчеркивает общность физических принципов действия этих генераторов. И первая в этой новой области физики Нобелевская премия, присужденная в 1964 г. А.М. Прохорову, Н.Г. Басову (СССР) и Ч. Таунсу (США), имела номинацию «за фундаментальные исследования в области квантовой электроники, которые привели к созданию генераторов и усилителей нового типа – мазеров и лазеров». Действительно, прорыв в те годы произошел именно в области квантовой электроники в целом, и успешное проникновение квантовых генераторов в оптический диапазон, т.е. создание собственно лазеров, завершило этот основополагающий этап, хотя и стало, со своей стороны, началом целой эпохи в последующие десятилетия.

В контексте развития нижегородской физики замечание о «мазерной предтече» лазеров является не просто историческим уточнением. Дело в том, что одно из наиболее известных ее достижений связано именно с мазерами. В 1959 г. в Научно-исследовательском радиофизическом институте (НИРФИ) А.В. Гапоновым-Греховым была высказана идея генерации вынужденного циклотронного излучения в СВЧ-диапазоне, кото-

рая вскоре привела к разработке и созданию мазеров на циклотронном резонансе, впоследствии получивших название *гиротронов*. Сегодня гиротроны – самые мощные генераторы в диапазоне от сантиметровых до субмиллиметровых волн и, так же как и лазеры, находят применение в создании новых технологий.

Но вернемся к юбилей-лазеру. Чем же он так замечателен, что его так отличает от других рукотворных источников электромагнитного излучения?

Как уже ясно из упомянутой нобелевской номинации, это принципиально квантовый прибор, идея которого базируется на квантовом строении вещества. Фактически, с квантовой природой лазера связана спектральная область его работы – это в основном средний и ближний инфракрасный (ИК), видимый и ультрафиолетовый диапазоны. Это как раз те диапазоны, которые соответствуют оптическим переходам между энергетическими уровнями вещества (состоящего из атомов или молекул), являющегося в лазере рабочим, и именно поэтому генерация лазерного излучения может быть получена только на строго определенных частотах.

Следующее, что качественно отличает лазеры от всех других световых источников, – высокая временная когерентность (т.е. сфазированность) излучения, которая приводит к высокой пространственной когерентности. Эта фундаментальная характеристика лазерного излучения является важнейшим следствием его индуцированного характера и принципиально не может быть реализована в случае «обычного» спонтанного излучения в том же рабочем веществе. С практической точки зрения, высокая когерентность лазеров необходима в тех приложениях, которые связаны с проведением прецизионных измерений каких-либо величин, на изменения которых «откликается» излучение, прежде всего его фазы. Например, сегодняшний путь решения одной из наиболее захватывающих проблем современной экспериментальной физики – обнаружение гравитационных волн и построение на этой основе гравитационной астрономии – заключается в построении лазерного интерферометра, длины оптических путей в котором составляют несколько километров. Что же касается более «простых» приложений, то фактор когерентности лазерного излучения широко используется в спектроскопии, дистанционном зондировании и мониторинге природных сред, дальнометрии, разработке разного рода интерферометрических датчиков и т.д.

Наконец, еще одно важнейшее следствие индуцированного характера лазерного излучения – его высокая направленность. Угловая расходимость луча, которая определяется, в простейшем случае, отношением длины волны к диаметру излучающей апертуры, для лазеров достаточно легко может быть сделана менее чем  $10^{-5}$ , что практически недостижимо для любых других оптических источников.

Помимо этих фундаментальных свойств, лазеры обладают большой гибкостью режимов излучения, что также крайне важно с точки зрения практического их использования. Современные лазеры позволяют получать импульсное, импульсно-периодическое и непрерывное излучение, причем в настоящее время средняя мощность непрерывных и квазинепрерывных лазеров уже вышла на уровень в сотни киловатт<sup>1</sup>.

Что же касается сокращения длительности излучаемых импульсов, то по этому параметру лазеры тоже не имеют себе равных. Сегодня она простирается до единиц фемтосекунд ( $10^{-15}$ ), т.е. до нескольких периодов колебаний световой волны. Именно фемтосекундным лазерным комплексам со сравнительно скромной выходной энергией (десятки джоулей в импульсе) принадлежат сегодня абсолютные рекорды пиковой мощности электромагнитного излучения, когда-либо реализуемого

<sup>1</sup> Фактически, того же и даже более высокого уровня сегодня достигли и микроволновые генераторы когерентного излучения: наиболее мощные гиротроны, созданные в ИФФ РАН и НПП «Гиком», преодолели рубеж мощности 1 МВт в квазинепрерывном режиме.

в лаборатории (к этому мы еще вернемся). Что же касается энергии, величина которой также очень важна для многих приложений, то при длительности импульса в единицы наносекунд она достигает сегодня единиц мегаджоулей. Такие энергии необходимы, в частности, для создания лазерных комплексов, которые будут способны в будущем реализовать мечту человечества – управляемый термоядерный синтез (УТС)<sup>2</sup>.

Таким образом, в отличие от обычных источников света, лазеры дают возможность рекордно высокой концентрации излучения в спектральном интервале, во времени и в пространстве, и именно эти возможности привели к появлению и быстрому прогрессу совершенно новых областей науки и техники.

## Первый горьковский лазер

Работы по созданию и исследованию лазеров в Нижнем Новгороде (Горьком) восходят к началу 60-х годов прошлого столетия, т. е. к самому началу лазерной эпохи. Весной 1962 г. в отделе № 4 НИРФИ А.М. Кубаревым под руководством А.В. Гапонова-Грехова был запущен первый горьковский лазер, ставший третьим в СССР. В те времена, когда счет действующим лазерам шел еще на единицы, порядок имел значение! Вот что вспоминает об этом историческом событии сам Александр Михайлович – первый нижегородский лазерный экспериментатор:

«– В конце декабря 1961-го, после публикации Меймана с описанием первого лазера, в отделе №4, возглавляемом А.В. Гапоновым, была организована группа по созданию рубинового квантового генератора. Я понимал, что эту работу придется начинать с нуля, но задал А.В. только один вопрос: где взять рубины? Он ответил, что это он берет на себя, и дело было решено. К этому времени в СССР было запущено только два лазера – в московском ФИАН и ленинградском ГОИ. Это были признанные центры оптической науки в СССР. Как только А.В. вручил мне три рубиновых кристалла диаметром 4 мм и длиной 50 мм с серебряными зеркалами на торцах, началась работа. На Московском электроламповом заводе мной были выбраны U-образные лампы ИФК-2000 (2000 джоулей в импульсе). Конструкция первой лазерной головки была простейшей. В круглом металлическом корпусе были закреплены две ИФК-2000 с параллельно расположенными плоскостями. С другого торца вставлялся патрон, в центре которого закреплён рубин таким образом, что в рабочем положении он оказывался между четырьмя светящимися трубками ламп. Для питания ламп подсветки была приспособлена установка, которая использовалась для получения импульсных магнитных полей. Она заряжала батарею конденсаторов до напряжения 3 кВ, батарея разряжалась через лампы ИФК-2000, в результате чего их световая вспышка должна была осуществить накачку рубинового элемента. Однако при напряжении 3 кВ лампы не пробивались, поэтому пришлось сделать устройство поджига ламп на основе автомобильной катушки зажигания, которое давало короткий импульс напряжением до 20 кВ. Для охлаждения ламп и активного элемента применялась продувка лазерной головки обычным бытовым пылесосом.

23 апреля 1962 г., в день рождения Марии Тихоновны Греховой (тогда директора НИРФИ), была впервые получена лазерная генерация, т. е. запущен третий в СССР лазер – в комнате 313 отдела № 4 НИРФИ. Сначала находящиеся в комнате очумело смотрели на красное пятнышко на дальней стене комнаты. Убедившись, что это не галлюцинация, мы стали приглашать всех, кто был поблизости. Затем началось столпотворение. Сотрудники института выстраивались в коридоре в очередь, их группами приглашали в темную комнату «на два выстрела». Выстрелами называли вспышки лазера, поскольку они сопровождалась очень громким хлопком, возникающим при разряде конденсаторов...

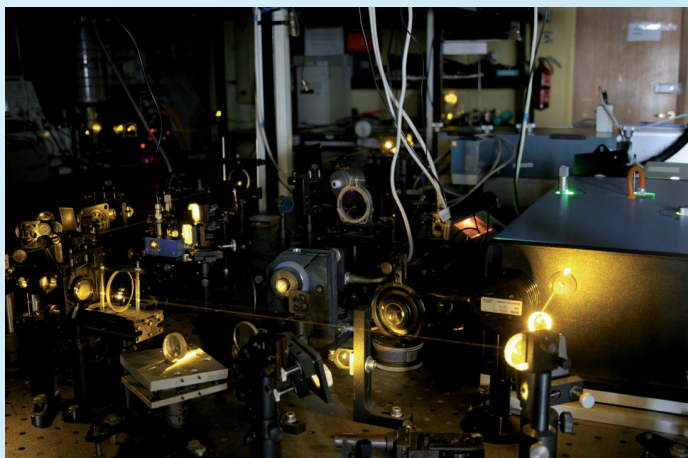
Сразу начались исследования в этой новой, на наших глазах рожившейся области. Интенсивная работа велась по трем направлениям – увеличение мощности лазера, исследование характеристик его излучения и физических процессов в рубине. Новые результаты получались буквально каждый день, поэтому несколько раз в неделю проводились обсуждения хода работ с А.В. Гапоновым и В.И. Беспаловым. Виктор

Иванович был научным руководителем моих предыдущих работ и вместе со мной переключился на лазерную тематику»<sup>3</sup>.

Это действительно было горячее и очень интересное время, настоящий научный бум в физике, может быть, отчасти сравнимый с той революцией в науке и технике, которая была вызвана открытием электричества. Думается, что становление лазерной эпохи сильно повлияло на судьбы выпускников школ 1960–70-х годов, создав мощный приток воодушевленной молодежи на факультеты физического профиля в университетах страны. Горьковский университет, скорее всего, не был тогда исключением – лазерные исследования в НИРФИ быстро укреплялись благодаря приходу талантливых выпускников радиофизического факультета.

## Новая оптика

С самого своего начала лазерная тематика стала развиваться по многим взаимосвязанным и совершенно новым направлениям: физика самих лазеров, создание новых типов лазеров и совершенствование их характеристик, освоение новых спектральных диапазонов и возможностей применения. Но среди множества новых и удивительных возможностей, открывшихся благодаря лазерам, особое место заняло направление, которое возникло в самой оптике. С появлением лазеров оптика стала принципиально другой – нелинейной, в которой распространение и взаимодействие световых пучков стали зависящими от их интенсивности. Уже лазеры «первого поколения», несмотря на весьма скромности (по современным меркам тем более) значения излучаемой мощности, позволили обнаружить целый класс новых эффектов, обусловленных именно тем, что отклик элементарных осцилляторов в среде на внешнее оптическое воздействие, т.е. переизлучаемое ими поле, оказывается зависящим от величины этого воздействия. Другими словами, поляризация среды обнаружила свою нелинейную зависимость от интенсивности света «на входе» в среду, в то время как традиционная оптика ограничена диапазоном интенсивности, при котором функция отклика среды находится на линейном участке.



Этот принципиально отличительный момент был понят очень быстро, буквально одновременно с появлением лазеров, тем более что сами по себе нелинейные колебательные и волновые эффекты уже были отчасти хорошо известны в других областях радиофизики и акустики. Нужен был только лазер, чтобы нелинейная оптика встала «в ряды» других нелинейных наук и получила свое впечатляющее развитие, параллельное быстрому развитию самих лазеров. Более того, успехи нелинейной оптики во многом способствовали пониманию реальных возможностей построения мощных лазерных систем и указывали возможные пути преодоления физических ограничений на этом пути. Отмеченный аспект имеет очень большое значение, например, в области лазерного УТС – сверхмощное оптическое излучение должно быть «доставлено» на мишень без тех нелинейных искажений, которые препятствуют равномерному ее обжатию полем.

<sup>2</sup> Речь идет о лазерном УТС, который является альтернативным подходом по отношению к плазменному УТС в специальных реакторах, например, тороидального типа (токамаках). Заметим, что и здесь траектории развития лазеров и мазеров «пересеклись» – один из самых эффективных способов нагрева плазмы в токамаках основан на использовании мощного когерентного СВЧ-излучения гиротронов.

<sup>3</sup> Отметим, что лазер на рубине (длина волны 694,3 нм), созданный А.М. Кубаревым в НИРФИ, стал первым советским лазером, запущенным на отечественном рубине. Выпуск специальных рубиновых кристаллов для лазерной оптики был освоен в г. Дзержинске, в НИРФИ их так и называли – чернореченские рубины.

Развитие лазерной тематики в Нижнем Новгороде – сначала в НИРФИ, а затем в Институте прикладной физики РАН, организованном в 1977 г., – тоже шло параллельно по целому ряду направлений исследований. И та новая область физики, названная нелинейной оптикой, всегда занимала в этих работах очень значительное место. Это и такие ее базовые разделы, которые связаны с исследованиями собственно нелинейных эффектов самовоздействия, взаимодействия и рассеяния оптических пучков в средах, и новые приложения этих эффектов, среди которых наиболее заметное развитие в ИПФ РАН получило направление, названное адаптивной оптикой. Не будет преувеличением сказать, что как в создании основ физики лазеров, так и в создании основ нелинейной оптики нижегородские (тогда еще горьковские) ученые по некоторым конкретным направлениям с самого начала этих работ заняли ведущие позиции. И сейчас, по прошествии десятилетий, этот вклад может быть оценен по достоинству с учетом того влияния, которое полученные в 1960 – 1980-х годах результаты оказали и продолжают оказывать на развитие лазерной науки в целом.



*А. В. Гапонов-Грехов знакомится с результатами лазерного эксперимента, слева – Н. Ф. Андреев (1978)*

К таким конкретным направлениям относятся: динамика лазеров как распределенных активных систем (отметим, что монография сотрудников НИРФИ В.М. Файна и Я.И. Ханина «Квантовая радиофизика», вышедшая в 1965 г., стала одной из самых первых монографий в этой области и была вскоре издана в Англии, США и Германии); нелинейные эффекты самовоздействия и генерации спектрального континуума лазерного излучения в прозрачных средах; параметрическое взаимодействие и преобразование лазерного излучения в нелинейных кристаллах; нелинейное рассеяние мощного лазерного излучения в различных средах, в том числе атмосферных газах; обращение волнового фронта (ОВФ) и нелинейная адаптивная оптика на его основе; мощные импульсно-периодические лазеры с адаптивной компенсацией внутрирезонаторных искажений; внутрирезонаторная лазерная спектроскопия; когерентное просветление резонансно поглощающей среды (позднее

это направление стало называться электромагнитно-индуцированной прозрачностью) и разработка теории безынервного усиления и генерации света; флуктуационные явления в непрерывных газовых лазерах и сверхточные лазерные измерения, включая лазерную гироскопию; нелинейно-оптические кристаллы и новые технологии их изготовления. По существу, развитие этих работ привело к становлению в ИПФ РАН нескольких научных школ, успешно функционирующих и в настоящее время: научная школа профессоров В.И. Беспалова и Г.И. Фрейдмана, школа профессора Я.И. Ханина (в настоящее время ею руководит член-корреспондент РАН А.М. Сергеев), школа академика В.И. Таланова.

Следует упомянуть еще одно интересное направление из области твердотельной квантовой электроники, связанное с исследованием возможностей когерентного стимулированного излучения в полупроводниковых материалах, а именно, с разработкой полупроводниковых лазеров и лазеров путем создания инверсии в энергетическом распределении дырочных носителей заряда. Эти работы завершились созданием таких генераторов в стенах ИПФ РАН, и затем они были успешно развиты в Институте физики микроструктур РАН (созданном в 1991 г.).

Важным организационным шагом для концентрации дальнейших лазерных исследований в ИПФ РАН послужило создание Отделения нелинейной динамики и оптики (1994 г.) под руководством Я.И. Ханина, в котором были сосредоточены работы по лазерной физике, нелинейной оптике и их различным приложениям. В отделении активно начали развиваться новые научные направления, которые быстро привели к получению целого ряда важнейших результатов. Это, прежде всего, фемтосекундные лазеры и сверхсильные поля; применение фемтокоррелированных источников света для построения изображений в сильно рассеивающих средах (биологических тканях) – оптическая когерентная томография. В 1999 г. была создана первая в России фемтосекундная лазерная система тераваттного ( $10^{12}$  Вт) уровня пиковой мощности, работающая с частотой повторения 10 Гц. Это сразу же вывело ИПФ РАН на передовые позиции в стране в области мощной лазерной оптики и позволило не только не отстать от зарубежных исследований, но и сохранить в то сложное время позиции России как «лазерной державы». Что же касается второго из указанных направлений, то оно к настоящему времени вылилось в самостоятельное научное направление на стыке лазерной физики, медицины и биологии – биоимиджинг. Инициатором и руководителем этих новых работ стал А.М. Сергеев, возглавивший отделение в 2001 г.

Наконец, говоря о нижегородских исследованиях в области мощных лазеров и лазерной оптики, необходимо, конечно, упомянуть о работах, которые проводились в те же годы во ВНИИЭФ (г. Саров). Здесь нет возможности осветить их сколько-нибудь подробно, отметим только, что значительная их часть была связана с вопросами взаимодействия мощного лазерного излучения с веществом и экспериментальными работками на пути реализации лазерного УТС, первые исследования по которому начались в ФИАН еще в начале 1960-х годов. В последние годы РФЯЦ – ВНИИЭФ активно сотрудничает с ИПФ РАН в области создания сверхмощных лазерных комплексов и исследований с их помощью возможностей достижения экстремальных состояний вещества.

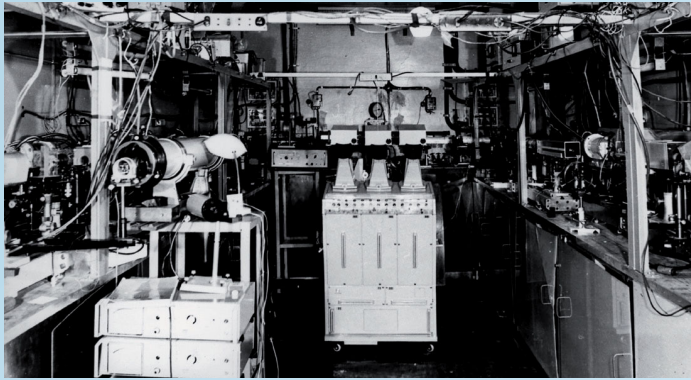
## День сегодняшний

Проследим чуть более подробно, как трансформировались основные направления лазерной тематики в ИПФ РАН, какие достижения могут характеризовать уровень современных работ в этой обширной области.

*Фемтосекундная лазерная оптика, сверхсильные электромагнитные поля и их взаимодействие с веществом* – одно из самых молодых направлений, поскольку раньше столь мощной короткоимпульсной оптики просто не существовало. Симптоматично, что и сами эти исследования ведет в ИПФ РАН молодая профессиональная команда, руководит которой член-корреспондент РАН Е.А. Хазанов. В основе тех оптических схем, которые используются в ИПФ РАН для создания лазерных систем с рекордно высокими значениями излучаемой мощности (сейчас обсуждается рубеж уже в  $\sim 10$  петаватт ( $10^{15}$  Вт), лежит принцип широкополосного параметрического преобразования лазерного излучения в нелинейно-оптических кристаллах, который был в свое время развит в работах профессора Г.И. Фрейдмана. Важно, что сами необходимые для этих работ большеапертурные кристаллы (сечением  $\sim 400 \times 400$  мм), как элементная база сверхмощной оптики, создаются непосредственно в институте, для чего потребовалось разработать специальные технологии их роста и обработки с минимальным содержанием внутренних дефектов, которые неизбежно приводят к разрушению оптики при столь высоких плотностях потока мощности.

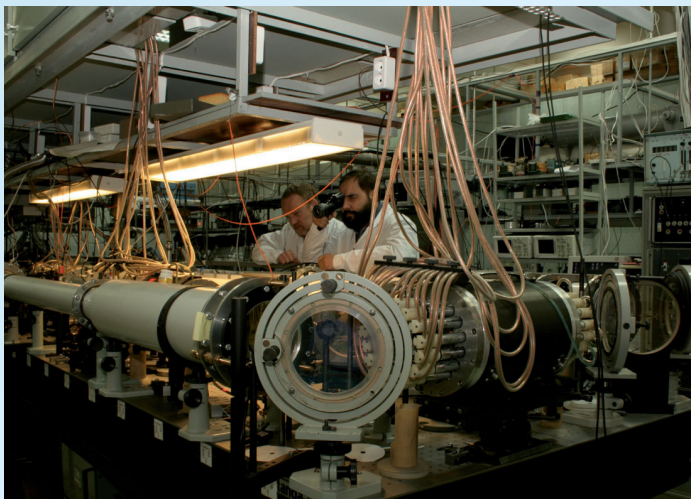


*А. З. Матвеев, А. А. Бетин, Г. А. Пасманик, Ю. К. Веревкин, В. И. Беспалов, Н. Ф. Андреев и А. М. Кубарев за обсуждением результатов (1985)*



Стенд ИПФ РАН по исследованию ОВФ (1980)

Именно фемтосекундная оптика является сегодня основой для развития стратегически важной области – физики сверхсильных полей и порождаемых ими экстремальных состояний вещества. При фокусировке рекордно мощного петаваттного излучения на мишени может быть достигнута гигантская интенсивность  $\sim 10^{22}$  Вт/см<sup>2</sup>, которые уже на три порядка превосходят атомное поле, удерживающее электрон в атоме водорода на первой борховской орбите. Ясно, что воздействие таких сверхсильных полей на вещество приведет к возникновению его экстремальных состояний с совершенно новыми свойствами, которые и представляют основной интерес. Подобные лазерные комплексы уже становятся реальной экспериментальной базой для моделирования процессов в недрах звезд («лабораторная астрофизика»), ускорения электронов до энергий, сравнимых с теми, которые достигаются сегодня на самых крупных ускорителях («настольный коллайдер»), наблюдения фундаментальных нелинейных свойств вакуума («кипение» вакуума с рождением электрон-позитронных пар)... Еще вчера все это казалось фантастикой, но сегодня подобные возможности обсуждаются уже всерьез. Отметим, что ИПФ РАН располагает сегодня самым большим в России парком фемтосекундных лазерных установок различной мощности, институт является лидером по этому направлению в стране и входит в небольшое число лидирующих мировых лабораторий, определяющих современные тенденции развития этой перспективной области физики. На протяжении уже десятилетия ИПФ РАН является ведущим исполнителем одной из наиболее крупных программ фундаментальных исследований президиума РАН, которая сейчас имеет название «Экстремальные световые поля и их приложения» (координаторы программы академики С.Н. Багаев и А.В. Гапонов-Грехов).



Субпетаваттный лазер ИПФ РАН (2008)

Развиваемая в ИПФ РАН теория и численное моделирование фундаментальных процессов взаимодействия фемтосекундных оптических импульсов с веществом показывают, что на этом пути возможно получение генерации еще более коротких, аттосекундных ( $10^{-18}$ ) импульсов излучения. «Освоение» аттосекундного диапазона длительностей обещает дать исключительно интересные новые возможности в зондировании вещества на атомном и даже внутриатомном уровнях. И если фемтосекундные импульсы сегодня – реальный инструмент исследования внутримолекулярной динамики, то с помощью аттосекундных импульсов

можно будет «заглянуть» внутрь атомов, получить изображение облаков электронной плотности на внутриатомных орбитах.

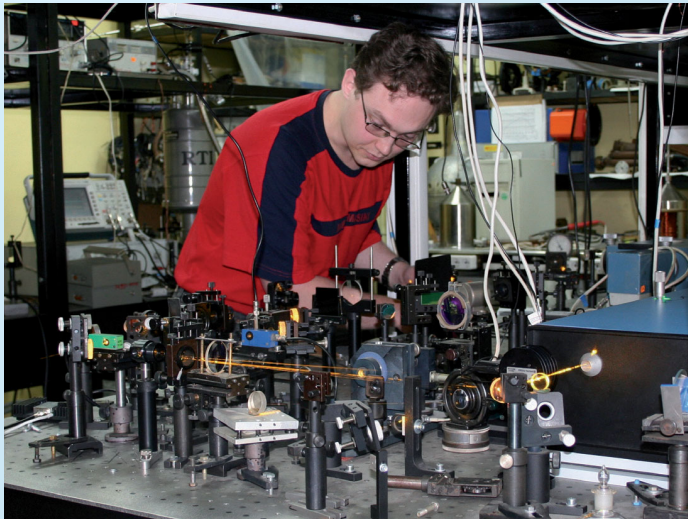
Мощные импульсно-периодические и непрерывные лазеры с высокой степенью когерентности – еще одно направление, успешно развитое в ИПФ РАН на основе созданных ранее заделов. Сюда относятся импульсные лазеры с использованием адаптивных нелинейных зеркал на основе эффекта ОВФ, позволяющие компенсировать искажения структуры пучка в рабочей среде (внутри резонатора) или статистические искажения по трассе распространения в случайно-неоднородной среде (например, в атмосфере), а также лазеры с самоорганизующимися резонаторами, обладающие направленностью излучения на уровне дифракционного предела. К настоящему времени с использованием четырехволнового взаимодействия на основе вынужденного рассеяния Мандельштама – Бриллюэна реализовано ОВФ с коэффициентом усиления обрабатываемого сигнала до уровня  $10^6$ – $10^7$ . Это позволило создать нелинейно-оптические приемники пространственно неоднородных световых сигналов, обладающие уникальным сочетанием параметров: предельно узкой полосой приема, широким полем видения ( $5$ – $10^\circ$ ) и общим усилением энергии принимаемого сигнала до уровня  $10^{12}$ – $10^{13}$ . В таких приемниках достигнута чувствительность по энергии регистрируемого входного сигнала  $4,8 \cdot 10^{-19}$  Дж (или примерно 2 кванта на элемент разрешения приемника), что близко к физическому пределу, определяемому уровнем квантовых шумов.

Отметим, что создаваемые в институте сверхчувствительные адаптивные лазерные системы дистанционной диагностики, помимо решения различных задач экологического мониторинга и дальнометрии, способны найти сегодня и несколько неожиданное применение. Например, в последние годы обозначилась проблема поиска «космического мусора» – отработанных фрагментов старых космических аппаратов, которых накопилось уже немало за десятилетия космической эры. Несмотря на то что этот «мусор» кружится на своих орбитах очень далеко от поверхности Земли, а зондирующий лазерный луч должен пройти при этом через всю атмосферу, адаптивные лазерные системы наблюдения могут справиться с этой задачей.

Направление, связанное с прецизионными оптическими измерениями и диагностикой, восходит к ставшим уже классическими результатам, полученным еще в НИРФИ по исследованию флуктуационных явлений в непрерывных газовых лазерах. Эти исследования позволили провести уникальные лабораторные измерения колебательных смещений на уровне до  $10^{-17}$  м/Гц<sup>1/2</sup>, который был затем достигнут только в 2000 г. на упомянутом выше гигантском интерферометре LIGO (США) с длиной плеча 4 км. К концу 1990-х годов основная тематика здесь сместилась в область интерферометрии с использованием низкокогерентных источников излучения в ближнем ИК-диапазоне. Оказалось, что на основе принципов визуализации объектов в оптически мутных (сильно рассеивающих) средах, которые уже были развиты к тому времени в НИРФИ – ИПФ РАН в приложении к подводной оптике, можно реализовать системы построения изображений биотканей на глубинах проникновения в них ИК-излучения. Удивительно, но видение подводных объектов на глубине несколько десятков метров с разрешением  $\sim 1$  м с помощью наносекундных лазерных импульсов физически эквивалентно построению изображений неоднородностей в биотканях на глубине 1–2 мм с разрешением  $\sim 10$  мкм с помощью фемтокоррелированных импульсов.

Лабораторная реализация фемтосекундного «локатора биотканей» стала началом развития в ИПФ РАН перспективного метода биомедицинской диагностики – оптической когерентной томографии (ОКТ), которая представляет значительный интерес для ранней диагностики новообразований в тканях, интраоперационного контроля и мониторинга процесса лечения. Коллективом сотрудников института совместно с коллегами из Нижегородской государственной медицинской академии было разработано целое семейство уникальных приборов – оптических томографов, которые прошли успешную апробацию в медицинских центрах нашей страны и за рубежом, и в настоящее время внедряются в клиническую практику. Помимо ОКТ-приборов, с использованием лазерной техники был создан еще ряд оригинальных приборов для биомедицинской диагностики, позволяющих получать как изображения внутренней структуры живых объектов с разрешением на клеточном и даже субклеточном уровнях (конфокальные сканирующие микроскопы), так и изображения целых органов (оптоакустические и светодиодно-флуоресцентные томографы). Все эти разработки привели к созданию нового научного направления – лазерной биомедицины, или биофотоники, по которому ИПФ РАН также является ведущим научным центром.

Еще одно очень современное направление в области применения лазеров, получившее очень заметное развитие в ИПФ РАН – параметрические волновые процессы в многоуровневых средах с возбужденной когерентностью. Упомянутый выше эффект электромагнитно-индуцированной прозрачности рассматривается в настоящее время как возможная база для создания целого ряда новых оптических технологий: запись и хранение информации, спектроскопия, магнитометрия и др. В последние годы в институте получены важные результаты, касающиеся не только повышения «измерительного потенциала» эффекта индуцированной прозрачности для некоторых конкретных приложений, но также показывающие возможность его реализации в оптически плотной среде под действием радиочастотного электромагнитного поля и акустического поля.



Стенд для исследования электромагнитно-индуцированной прозрачности в газовых и конденсированных средах

Этими краткими упоминаниями совсем не исчерпывается ряд современных направлений исследований ИПФ РАН в широкой области лазерной физики и нелинейной оптики. Все они имеют свои глубокие корни в тех работах, которые начинались еще в НИРФИ на заре лазерной науки. Это развитие динамично продолжается сейчас, несмотря на все трудности последних двух десятилетий.

Наконец, нельзя не отметить совсем новое направление экспериментальной лазерной физики, которое возникло в ИПФ РАН совсем недавно, несколько лет назад. Это лазерное охлаждение атомарных газов, бозе-эйнштейновская конденсация молекул, исследование ферми-газов при ультранизких (до десятков нанокельвин) температурах. Оно возникло в ИПФ РАН благодаря возвращению в институт бывшего студента ВШОПФ ННГУ Андрея Турлапова, который защитился и успешно работал несколько лет в США. Это само по себе уникальное явление – возвращение успешного исследователя назад, в российскую alma mater, но еще более уникальным представляется сам факт, что при этом ему удалось быстро создать совершенно новую лабораторию, единственную в России по этой тематике, и уже получить первые внушительные результаты. Руководство института оказало мощную поддержку этому начинанию, с учетом того опыта и экспериментальной культуры в области лазерной оптики и смежных областях, которые были накоплены в институте.

Подводя определенный итог прошедших 48 лет с появления того первого НИРФинского лазера в Нижнем Новгороде, можно с уверенностью сказать, что многие из нижегородских работ по лазерной тематике хорошо известны в стране и за рубежом, они широко признаны как пионерские исследования. Свидетельство тому – престижные награды и премии, которыми были неоднократно отмечены сотрудники ИПФ РАН.

1983 г. – Государственная премия СССР за работу «Обращение волнового фронта света при вынужденном рассеянии на гиперзвуке» (В.И. Беспалов, Г.А. Пасманик).

1984 г. – Государственная премия СССР за работу «Разработка физических принципов высокоэффективного нелинейного преобразования частоты в кристаллах и создание перестраиваемых источников когерентного оптического излучения» (Г.И. Фрейдман).

1987 г. – Государственная премия СССР за работу «Инвертированное распределение горячих носителей зарядов в полупроводниках и генерация стимулированного излучения в миллиметровом, субмиллиметровом и дальнем ИК-диапазонах (полупроводниковые лазеры и лазеры на горячих дырках)» (А.А. Андронов, А.М. Белянцев, В.И. Гавриленко, В.А. Козлов, З.Ф. Красильник, В.Н. Шастин).

1988 г. – Ленинская премия за работу «Эффекты самофокусировки волновых пучков – открытие и исследование» (В.И. Таланов).

1990 г. – Премия Совета Министров СССР за работу «Использование обращения волнового фронта в системах наблюдений» (В.И. Беспалов, Е.Л. Бубис, О.В. Кулагин, Г.А. Пасманик, А.А. Шилов).

1997 г. – Премия Правительства РФ за работу «Разработка технологии изготовления крупногабаритных моносекториальных оптических элементов из кристаллов KDP и DKDP для мощных лазерных систем (скоростное выращивание кристаллов, оптико-механическая обработка, исследование, внедрение)» (В.И. Беспалов, В.И. Бредихин, В.П. Ершов, В.И. Кацман, А.К. Потемкин, В.В. Зильберберг, В.В. Королихин, С.П. Кузнецов, В.П. Хрулев).

1999 г. – Государственная премия РФ за работу «Оптическая когерентная томография. Физические основы и приложения» (В.М. Геликонов, Г.В. Геликонов, Л.С. Долин, А.М. Сергеев, Ф.И. Фельдштейн, Н.Д. Гладкова, Н.М. Шахова).

2000 г. – Медаль РАН с премией для молодых ученых за работу «Мощные импульсно-периодические лазеры на Nd/YAG с дифракционно ограниченным одночастотным излучением» (О.В. Палашов, Е.А. Хазанов).

2002 г. – Медаль РАН с премией для молодых ученых за работу «Усиление и генерация света без инверсии населенностей» (Е.В. Радионичев).

2006 г. – Медаль РАН с премией для молодых ученых за работу «Экспериментальное и теоретическое исследование нелинейного взаимодействия мощного фемтосекундного лазерного излучения с газами и плазмой в диэлектрических капиллярах» (Д.В. Карташов).

2010 г. – Премия им. Д.С. Рождественского РАН за цикл работ «Теория инструментального видения подводных объектов» (Л.С. Долин, А.Г. Лучинин).

Среди зарубежных наград – престижная медаль Уиллиса Лэмба «За выдающийся вклад в лазерную физику и квантовую электронику», полученная О.А. Кочаровской в 1998 году за цикл пионерских работ по лазерам без инверсии населенностей.

И в заключение остается привести «нижегородский» перечень монографий в области лазерной физики и нелинейной оптики как своего рода список литературы к этим заметкам. Названия этих изданий говорят сами за себя.

В.М. Файн, Я.И. Ханин. Квантовая радиофизика (М.: Сов. радио, 1965).

Я.И. Ханин. Квантовая радиофизика. Том 2. Динамика квантовых генераторов (М.: Сов. радио, 1975).

В.И. Беспалов, Г.А. Пасманик. Нелинейная оптика и адаптивные лазерные системы (М.: Наука, 1986).

В.И. Беспалов, Г.А. Пасманик. Оптические системы с усилителями яркости (Горький: ИПФ АН СССР, 1988).

С.Н. Власов, В.И. Таланов. Самофокусировка волн (Н. Новгород: ИПФ РАН, 1997).

Я.И. Ханин. Основы динамики лазеров (М.: Наука, 1999).

Я.И. Ханин. Лекции по квантовой радиофизике (Н. Новгород: ИПФ РАН, 2005).

А. А. Бабин, ИПФ РАН

#### «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