



Ж

3  
2012

ЖИЗНЬ И ВЕЩИ







Зарегистрирован  
в Комитете РФ по печати  
19 ноября 2003 г., рег.№ 014823

**НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:**

**Главный редактор**  
Л.Н.Стрельникова  
**Заместитель главного редактора**  
Е.В.Клещенко  
**Главный художник**  
А.В.Астрин

**Редакторы и обозреватели**

Б.А.Альтшулер,  
Л.А.Ашкинази,  
В.В.Благутина,  
Ю.И.Зварич,  
С.М.Комаров,  
Н.Л.Резник,  
О.В.Рындина

**Технические рисунки**  
Р.Г.Бикмухаметова

Подписано в печать 28.02.2012

**Адрес редакции**  
105005 Москва, Лефортовский пер. 8  
**Телефон для справок:**  
8 (499) 267-54-18  
**e-mail:** redaktor@hij.ru  
<http://www.hij.ru>

При перепечатке материалов ссылка  
на «Химию и жизнь — XXI век» обязательна.

© АХО Центр «НаукаПресс»



*НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина  
НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —  
работа Мартина Хааке. И в XXI веке  
кто-то подвергает сомнению факты,  
не укладывающиеся в рамки ньютонов-  
ской механики, например постоянство  
скорости света. Читайте об этом в  
статье «Теория относительности: пря-  
мой эксперимент с кривым пучком».*

*Существует только один  
светильник науки,  
и зажечь его  
в каком-либо месте —  
значит зажечь везде.*

*Айзек Азимов*

# Содержание

<b>Проблемы и методы науки</b>	
НАНОНАУКИ: ИТОГИ ПЯТИЛЕТКИ. Г. Эрлих .....	2
<b>Расследование</b>	
ДВЕ ДАМЫ, ДНК И МЫШЬЯК. Е.Клещенко.....	10
<b>Проблемы и методы науки</b>	
ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ: ПРЯМОЙ ЭКСПЕРИМЕНТ С КРИВЫМ ПУЧКОМ. Е.Б.Александров .....	16
<b>Нанофантастика</b>	
ЛИФТ. Валерий Цуркан.....	21
<b>Технологии</b>	
ВИТАМИНЫ ПРОМЫШЛЕННОСТИ. В.В.Благутина .....	24
<b>Элемент №...</b>	
НЕУЛОВИМЫЙ РАЗРУШИТЕЛЬ. А.Вакулка .....	28
<b>Дискуссии</b>	
КАРИЕС: ХИМИЯ ИЛИ БИОЛОГИЯ? В.Р.Окушко .....	30
<b>Образование</b>	
НЕОБРАЗОВАНИЕ-2012. Л.Хатуль.....	34
<b>Тематический поиск</b>	
ПЕСНИ ЛЮБВИ. Е.Сутоцкая .....	40
<b>Свет мой, зеркальце, скажи...</b>	
КРАСИМ ГУБЫ! М.Демина .....	42
<b>Земля и ее обитатели</b>	
ЯСОН БАДРИДЗЕ: «СЛЕД МОИХ ВОЛКОВ». О.Арнольд.....	48
<b>Что мы едим</b>	
ЛАВРОВЫЙ ЛИСТ. Н.Ручкина.....	54
<b>Фантастика</b>	
ТУДА И ОБРАТНО. Алексей Карташов, Александра Тайц .....	56
<b>Имена минералов</b>	
ПЕТРОЛОГИ, ГЕОЛОГИ, МИНЕРАЛОГИ, КРИСТАЛЛОГРАФЫ. И.А.Леенсон .....	64

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	8	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
ИНФОРМАЦИЯ	9, 15, 33, 53	ПИШУТ, ЧТО...	62
КНИГИ	47	ПЕРЕПИСКА	64



# Нанонауки: итоги пятилетки

**Доктор  
химических наук  
Г.Эрлих**

Нынешний год — год окончания первой пятилетки отечественного нанотехнологического проекта и год первого десятилетнего юбилея Научного совета по наноматериалам при Президиуме Российской академии наук. Два юбилея — отличный повод подвести итоги и выявить тенденции.

Какие области исследований мы сегодня относим к нанонаукам? Как они развиваются в России и в мире? Какое место занимают российские исследования на мировой карте науки? Где мы лидируем, а где отстаем? Какие организации, занимающиеся исследованиями в области нанонаук, сегодня в России наиболее успешны и продуктивны? Ответы на эти вопросы вы найдете в предлагаемом обзоре. Он подготовлен по результатам большой аналитической работы, которую выполнило некоммерческое партнерство «Национальный электронно-информационный консорциум» (НЭИКОН) по заказу Министерства образования и науки. В сборе и обработке

информации участвовали соисполнители проекта — Библиотека по естественным наукам (БЕН РАН), Государственная публичная научно-техническая библиотека (ГПНТБ), Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) и Санкт-Петербургский государственный университет.

Мы познакомим вас с результатами наукометрического анализа, который затрагивает только научные исследования. Анализ научных публикаций, именно в силу огромной статистики, — хороший инструмент, позволяющий оценить тенденции развития науки и выявить относительный вклад различных научных направлений и стран в общемировой процесс. Правда, оценка получается запаздывающей, ее необходимо дополнять данными о перспективных исследованиях, проводимых в исследовательских подразделениях корпораций и секретных правительственных лабораториях. Но такая информация доступна, да и то не в полном объеме, разве что специалистам американской RAND Corporation, всем же остальным приходится довольствоваться данными открытой печати.

Недостатка в наукометрическом анализе публикаций в области нанотехнологий нет. Такого рода обзоры составляют РАН, Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ) и др. Однако в этом обзоре мы представим результаты самого масштабного проекта, предпринятого по инициативе Минобрнауки и выполнявшегося в течение последних трех лет.

## Что относится к нанонаукам?

Первым камнем преткновения при проведении анализа стала известная нечеткость определения нанотехнологий и связанных с ними нанонаук. Каждый, кто регулярно ищет информацию в Интернете и электронных базах данных, знает, как сильно зависит успех предприятия от правильности формулировки запроса и от глубины проведения поиска. В рассматриваемой области, казалось бы, все просто, есть ключевые приставки «напо» и «нано», по которым и следует проводить поиск. Но эта очевидность приводит, на первый взгляд, к курьезам, а на самом деле к довольно глубоким заключениям, одно из которых представлено в таблице 1.

Таблица 1

Распределение по тематическим рубрикам публикаций из подборки «напо\*»

Тематическая рубрика	Количество статей
Химия	31558
Физика	13488
Химическая технология и промышленность	9613
Электроника. Радиотехника	1823
Биология	1777
Металлургия	1408
Механика	1272
Машиностроение	1112
Энергетика	1082

Как видим, львиная доля работ приходится на химию как науку, на химическую технологию и химическую промышленность (сюрприз для физиков). Кстати, это подтверждает известное высказывание Роалда Хофмана, лауреата Нобелевской премии по химии: «Нанотехнологии — это новое название, которое придумали для химии» («Химия и жизнь», 2011, № 9). Это, конечно, правда, но далеко не вся.

Итак, необходимо было составить список ключевых слов, необязательно содержащих в явном виде «нано», но позволяющих при этом идентифицировать публикацию как относящуюся к области нанонаук. Здесь тоже таится опасность, ведь получаемый в результате поиска образ нанонауки будет напрямую зависеть от этого перечня. Если ввести в поисковик в дополнение к «нано» термины «фуллерен», «графен», «золотые и серебряные частицы», «чип», «атомно-силовой микроскоп», «манипулирование атомами», «квантово-размерный эффект», то окажется, что треть, если не половина, исследований в области нанонауки посвящена именно этому. Это не соответствует действительности, но такого рода «выводами» грешат многие наукометрические обзоры в этой области.

К шести специалистов НЭИКОН, они подошли к делу непредвзято и объективно, дистанцируясь от ведомственных предпочтений и борьбы научных школ. Они выделили главное из многочисленных определений нанотехнологий и к их ведению отнесли все системы, структурные элементы которых имеют размер 1—100 нанометров хотя бы в одном измерении. И в соответствии с этим подходом составили методом проб и ошибок список из сотен ключевых слов, наиболее адекватно описывающих эту область науки и в полной мере соответствующих широкому взгляду на нанотехнологии, который постепенно утверждается в научном сообществе и социуме. Так, нанотехнологиями считаются многие исследования в области молекулярной биологии и геномной инженерии (белки и ДНК суть не что иное, как классические нанообъекты) и в целом представляют собой результат долгожданного «великого объединения» трех главных естественно-научных дисциплин — физики, химии и биологии.

С помощью списка ключевых слов НЭИКОН проанализировал огромный массив научно-технической информации за последние 20 лет. В частности, у компании «Эльзевир» для этой цели были приобретены более 9 миллионов библиографических описаний статей из базы данных Scopus, а также описания



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

статей, процитировавших эти публикации (приблизительно 14 миллионов статей), которые дополнили российскими данными.

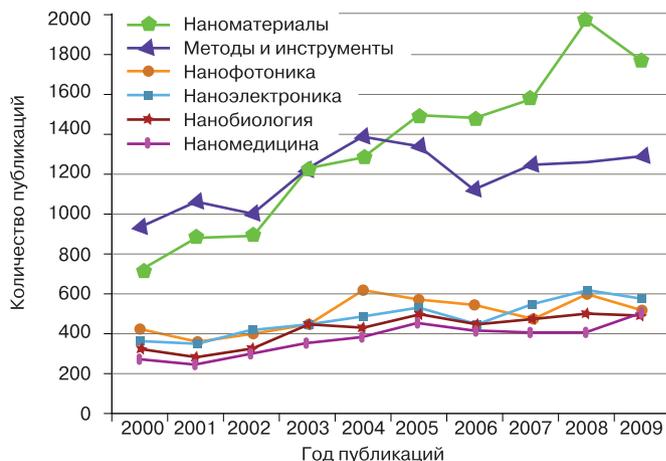
В результате поиска удалось выявить 383 тысячи публикаций, относящихся к области нанотехнологий. Их и подвергли дальнейшему статистическому анализу. Для удобства работы массив данных необходимо было как-то структурировать, разделить широчайшее поле нанонауки на отдельные области. А поскольку анализ предполагал выявить место отечественной нанонауки в мировой, то необходимо было учитывать системы классификации научных исследований не только в России, но и в других странах. В результате поле нанотехнологий разделили на шесть областей: наноматериалы, нанoeлектроника, нанoфотоника, нанобиология, наномедицина, методы и инструменты исследования, сертификации наноматериалов и наноустройств.

Список этот небезупречен и спорен, как и любой компромиссный вариант. Нам же он дает возможность взглянуть в выявленную суть нанотехнологий, привлекая, в частности, некоторые использованные при поиске ключевые слова (для удобства читателей будем приводить только русские варианты). Содержание этих шести областей вынесено в специальный блок «Нанонауки — это...» (см. с. 8).

## Образ российской нанонауки

Первый вопрос, интересующий всех нас в наибольшей степени: что из этого списка есть в России, пусть не на уровне технологий, но хотя бы в виде научно-исследовательских разработок? Ответ на него в какой-то мере дает рисунок 1, на котором представлена динамика публикаций отечественных специалистов во всех основных областях нанонаук в последние десять лет.

Вывод первый, главный и в целом отрадный: работы в России ведутся во всех основных направлениях. Лидируют с большим отрывом исследования в области наноматериалов, а также разработки методов и инструментов исследования наноматериалов. Правда, сравнение с общемировым потоком научных публикаций внушает меньше оптимизма. Характерные данные на примере работ в области функциональных наноматериалов представлены в таблице 2.



1 Динамика российских публикаций в области нанонаук по базе данных Scopus

**Таблица 2**

Динамика публикаций в области функциональных наноматериалов

Период	Всего в мире	Россия	%
2000	4840	234	4,8
2001	6122	271	4,4
2002	7823	265	3,4
2003	9711	396	4,1
2004	14 365	467	3,2
2005	18 328	517	2,8
2006	19 596	521	2,6
2007	22 171	624	2,8
2008	28 728	713	2,5
2009	30 863	813	2,6
2010	33 018	870	2,6
<b>Всего</b>	<b>203 550</b>	<b>5879</b>	<b>2,9</b>

Аналогичная картина наблюдается и в исследованиях других групп наноматериалов: конструкционные материалы и сплавы — падение от 6,2% в 2000 году до 4,2% в 2010-м, углеродные наноматериалы — падение от 8,3 до 4,0%, нанокompозиты и нанокерамика — от 5,3 до 3,3%. Зависимости эти проходят через минимум в районе 2008 года, а потом идут на небольшой подъем, однако не будем придавать этому принципиального значения — рост доли российских публикаций связан не столько с увеличением активности отечественных специалистов, сколько с уменьшением потока западных публикаций, вызванного, скорее всего, экономическим кризисом и сокращением финансирования науки.

Если что и удивляет, так это чрезвычайно высокие показатели — почти 5—8% общемировой научной продукции! — начала тысячелетия, на выходе из кошмарных 1990-х годов, когда государственное финансирование науки в России было практически прекращено. Эти показатели вполне соответствуют уровню советской науки: в 1980-е годы по общему числу статей СССР занимал второе место по физике, химии и материаловедению (наук, ключевых для грядущих нанотехнологий) — на его долю приходилось до 15% мировой научной продукции. Все это, с одной стороны, подтверждает известный тезис о том, что наука развивается на основе долгосрочных тенденций и обладает большой инерцией. С другой стороны, данные таблицы 2 и другие результаты можно трактовать как кривую деградации некогда великой советской науки.

Структура отечественных работ в области наноматериалов отличается от общемировой. У нас наибольшее внимание уделяется исследованиям в области углеродных наноматериалов и материалов и сплавов. Лидируют же исследования в области магнитоэлектрических материалов — доля российских публикаций в общемировом потоке составляет приблизительно 9%. Около трети массива российских публикаций занимают статьи по полупроводниковым наноструктурам, хотя относительный объем российских документов (статей и патентов) по сравнению с общемировым не выходит за рамки средних величин (~2,7%) по этой тематике.

Работы по полупроводниковым наноматериалам вплотную прилегают к исследованиям в области нанoeлектроники (таблица 3).

**Таблица 3**

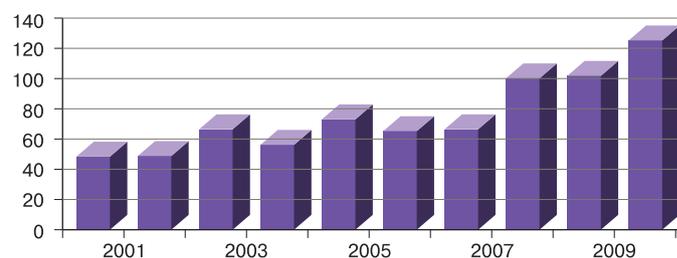
Динамика публикаций в области нанoeлектроники

Период	Всего в мире	Россия	%
2006	14 746	436	3,0
2007	16 961	555	3,3
2008	21 618	599	2,8
2009	22 654	585	2,6
2010	22 836	592	2,6
<b>Всего</b>	<b>98 716</b>	<b>2767</b>	<b>2,8</b>

Еще хуже ситуация в близкой области нанoeлектромеханических систем и наномехатроники, которая развивается в мире опережающими темпами. Положение в нанofотонике приблизительно такое же, как в нанoeлектронике: за последнее пятилетие отечественные специалисты опубликовали в этой области 686 статей, что составляет 3,0% от общемирового потока (23 035 статей).

Полный провал наблюдается у нас в нанобиологии и наномедицине. Это тем более досадно, что именно эти области наиболее близки к человеку и предметам наших каждодневных забот. И не случайно зарубежные специалисты уделяют им столько внимания: число публикаций по наномедицине сопоставимо с числом публикаций по наноматериалам и составляет около 20% всех работ в области нанотехнологий.

А что у нас? В результате запроса по нанотехнологиям и наноматериалам для сельского хозяйства за пять последних лет выявлено 100 российских публикаций, составляющих 0,9% от общемирового потока. По запросу «нанотехнологии и наноматериалы для пищевой промышленности» за тот же период — 125 публикаций, 1,2% общемировых данных. Динамика российских публикаций в области нанofармакологии представлена на рисунке 2. За десятилетие российские специалисты опубликовали 775 статей — лишь 0,7% от общемирового потока.



2

Динамика российских публикаций в области нанofармакологии

Слабым утешением может служить то, что две трети этих статей опубликованы в западных журналах, то есть исследования в целом соответствуют тенденциям и уровню мировой науки. Слабым потому, что даже эти исследования не могут быть доведены до практического результата в отечественной фармацевтической промышленности по причине практически полного ее отсутствия.

## Где делается отечественная наноука?

Преимущественно в высших учебных заведениях (университетах) и институтах РАН. Например, из 219 рассмотренных организаций, публикующих работы в области функциональных наноматериалов, 99 (45,2%) университетов и 90 (41,1%) академических институтов. На долю отраслевых НИИ приходится 9,1%, производственных объединений и фирм — 3,6%. Эти же пропорции с небольшими отклонениями наблюдаются и в других областях наноуки.

И опять неприятно удивляет ситуация с исследованиями в области наномедицины. Наибольшей публикационной активностью здесь вновь отличаются научно-образовательные учреждения, выдавшие на-гора около трети всех публикаций (243 статьи). Из них 148 написали сотрудники МГУ им. М.В.Ломоносова — химического и биологического факультетов, факультета фундаментальной медицины, а также входящего в состав МГУ НИИ физико-химической биологии им. А.Н.Белозерского. Лидеры по публикациям среди институтов РАН — Институт биоорганической химии им. М.М.Шемякина и Ю.А.Овчинникова, сотрудники которого опубликовали 40 статей, Институт химической физики РАН им. Н.Н.Семенова (23 работы) и Институт молекулярной биологии РАН им. В.А.Энгельгардта (15 работ). При этом на долю институтов Российской академии медицинской наук, которым, казалось



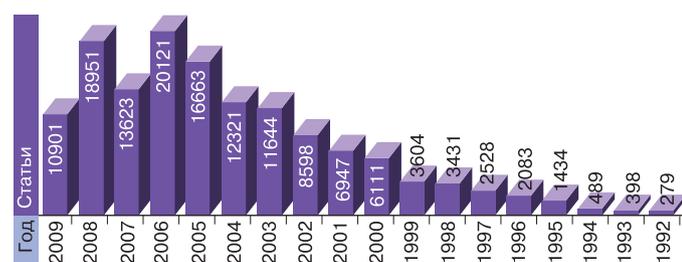
бы, все карты в руки, приходится лишь 57 публикаций. Такое распределение публикаций лишней раз говорит о том, что российские исследования в области нанотехнологии находятся на стадии НИР и далеки от практической реализации, от клинических испытаний, которые немислимы без участия медицинских организаций.

Львиная доля публикаций в области нанотехнологий приходится на учреждения Москвы, Санкт-Петербурга и Московской области. Таково кособокое географическое распределение российской науки, и нет ни малейших оснований ожидать, что эпоха нанотехнологий привнесет в него что-то новое, скорее усилит перекосы.

## О «революционности» нанотехнологий

Революционность нанотехнологий — излюбленный тезис журналистов и чиновников. Ученые на этот счет высказываются более осторожно, большинство предпочитают вообще обходить этот вопрос. А что говорит нам анализ публикаций?

На рис. 3 приведена динамика публикаций по ключевому запросу «nano\*». В период с 1992 по 2006 год имеем явный экспоненциальный рост. Все на первый взгляд логично: именно в конце 1980-х годов были получены важнейшие для нанотехнологий вещества — фуллерены и углеродные нанотрубки, создана принципиально новая исследовательская техника — туннельные и атомно-силовые зондовые микроскопы с разрешением на нано- и даже атомарном уровне, впервые продемонстрирована возможность прямого манипулирования атомами. После этого началось взрывной (экспоненциальный) рост исследований в этой области.



3  
Распределение по годам мировых публикаций из подборки «nano\*»

Настораживают два обстоятельства. Первое — спад числа публикаций после 2006 года. Что это, свидетельство утраты интереса к нанотехнологиям? Ни в коем случае! Работы в этой области неуклонно развиваются, как в мире, так и в России, об этом говорит рис. 1. Мы всего лишь столкнулись с еще одним курьезом приставки «nano» («нано»). До 1990-х годов она практически не употреблялась ни в биологии, ни в химии, наиболее продуктивной составной части нанотехнологий. В ходу была другая единица измерения — ангстремы. Ученые, люди довольно консервативные, с трудом привыкали к новой системе единиц СИ с ее нанометрами. Это сейчас отечественные ученые вставляют «нано» куда ни попадя, зачастую из конъюнктурных соображений — под нее дают гранты. За границей же мода на приставку «нано» в заголовке статьи идет на спад. Но это вовсе не означает, что само исследование, описанное в статье, не имеет отношения к нанонаукам.

Второе обстоятельство менее понятно. Начало глобального нанотехнологического проекта было положено Национальной нанотехнологической инициативой США, стартовавшей в 2000 году. В России, как уже было отмечено, о нанотехнологиях громко заговорили в 2006 году. Эти инициативы сопровождались вливанием в нанотехнологии и соответственно в нанонауки беспрецедентных средств. Однако на кривых, отражающих научные публикации, не заметно никакого всплеска в ответ на вброс финансирования, ни в США, ни в России. Особенно ярко это видно на примере российских исследований. Посмотрите внимательно на рис. 1. Число публикаций в области нанонаук в 2000 году, до создания Научного совета по наноматериалам

при Президиуме РАН и задолго до старта отечественно нанотехнологического проекта, было довольно велико и всего лишь в полтора-два раза меньше лучших показателей 2008—2009 годов. И нарастало оно все эти годы вполне плавно, без всплесков. Только и остается, что говорить об особых путях развития науки, которые основаны на долгосрочных тенденциях и неподвластны чьим бы то ни было желаниям.

А в целом: где революция? Нет революции. Все идет своим чередом.

## Об индексе цитирования

Итоговый отчет НЭИКОН содержит наиболее полный и глубокий анализ «качества» публикаций отечественных специалистов по индексам их цитирования, охватывающий последние десять лет, большую часть российских организаций и ученых, работающих в области нанонаук, разнообразные направления нанотехнологий и различные виды публикаций, включая тезисы конференций, в российской и в зарубежной печати. Дополнительные сложности в работу вносило то, что, например, анализ цитирования по наиболее известной базе данных Web of Science возможен только для массивов публикаций объемом менее 10 000, тогда как общемировой поток по каждой нанодисциплине насчитывает гораздо больше статей. Однако трудности были преодолены, анализ выполнен, выводы весьма интересны и дают пищу для размышлений.

Около 90% из опубликованных в зарубежной печати статей не были процитированы ни разу. Говорит ли это об их низком уровне или о ненужности проведенных исследований? Не обязательно. Есть уникальные исследования, которые выполняются всего в двух-трех, а то и вовсе в одном научном центре, — на них просто некому сослаться со стороны. Точно так же работа российского специалиста, решающего важную для отечественной промышленности или науки задачу, вряд ли вызовет интерес зарубежных коллег, перед которыми стоят совершенно другие проблемы.

К оценке качества научных публикаций по индексу цитирования следует подходить с осторожностью, равно как и к оценке эффективности работы научного учреждения по индексу цитирования публикаций, выходящих из его стен. Тем более что по принятой в мире системе такая оценка основана на двойной отсечке: учитываются только статьи, попавшие в 1% от наиболее цитируемых статей. Если у организации нет таких статей, то она получает нулевой балл. И наоборот. Оценка, на наш взгляд, не совсем адекватная, потому что зачастую та или иная организация попадает в топ-лист благодаря работам одного-единственного специалиста. Это все равно что оценивать качество отечественного автопрома по результатам тестирования уникального автомобиля ручной сборки, сделанного по заказу правительства.

Но обратимся к статистическим данным по цитированию работ российских специалистов в области нанонаук. Ситуация здесь, как ни странно, более чем достойная. Например, в области функциональных наноматериалов российские ученые опубликовали с 2006 года 3716 статей, из них процитировано 1627, общее количество ссылок — 9637, без самоцитирования — 6367, среднее число ссылок на одну найденную статью составляет 2,6 (без самоцитирования — 1,7), а на одну процитированную статью — 5,9 и 3,9 ссылок соответственно. Объективно: высокие показатели.

В целом же относительная цитатная отдача статей российских специалистов, рассчитанная для публикаций 2006—2010 годов по всем основным нанодисциплинам, такова: наномедицина — 8,0 ссылок на одну процитированную статью, нанофотоника — 5,7, нанобиология — 5,4, нанoeлектроника — 4,1, наноматериалы — 4,0, нанометоды — 3,6.

Интересно, что статьи по наномедицине и нанобиологии цитируют больше всего, хотя эти дисциплины у нас и в загоне. Возможно, это отчасти указывает на то, что наши исследования в этих областях соответствуют уровню мировой науки.

Осторожность данного вывода обусловлена еще одной установленной закономерностью, впрочем, довольно очевидной. Как показал анализ, высокая продуктивность по статьям не всегда совпадает с высокой цитируемостью, а иногда даже противоположна ей. Лидеры по цитируемости публикуют немного статей. Например, абсолютный лидер по этому показателю — Уфимский государственный авиационный технический университет УГАТУ — получил 799 ссылок на 40 опубликованных статей или почти 20 ссылок на публикацию, тогда как для МГУ, публикующего тысячи статей, этот показатель на порядок меньше. Но из этого ровно ничего не следует, ландшафт науки, как и географический, состоит не только из пиков, но и из холмов и долин, в которых, собственно, и производится основная продукция.

## О направлениях научных исследований

Мы уже несколько раз затрагивали этот вопрос, однако не лишне вернуться к нему еще раз. Ведь наукометрический анализ публикаций — не самоцель, он позволяет выявить не только точки роста, но и места отставания в развитии научных исследований. Для этого необходимо было изучить более узкие направления работ, чем представленные выше. Например, такую область, как топливные элементы.

СССР был безусловным лидером в этой области, несмотря на то что большинство работ было засекречено, ведь топливные элементы создавали для обеспечения жизнедеятельности космических аппаратов и орбитальных станций. Интерес к ним вероятно возрос в последние годы в связи с проблемами водородной энергетики, где топливные элементы играют ключевую роль. О приоритетности водородной энергетики говорят и руководители нашей страны, и крупнейшие бизнесмены, но что мы имеем в сфере научных публикаций? Данные таблицы 4 указывают на полный провал как на фоне наших былых успехов, так и в сравнении с нынешней, средней для нас нормой в 3—4% от общемировой научной продукции. Можно, конечно, ссылаться на закрытость работ из-за их прикладной направленности, но все же совершенно очевидно, что необходимо усилить исследования в этой области.

**Таблица 4**

Количество публикаций в области топливных элементов 2000—2011гг.

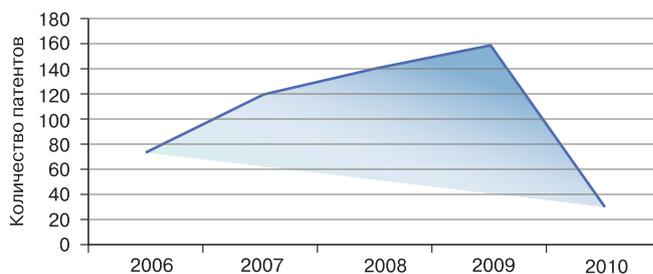
Год	Количество мировых документов	Количество российских документов	%
2000	714	5	0,7
2001	922	14	1,5
2002	1481	28	1,8
2003	1711	24	1,4
2004	3075	21	0,7
2005	4157	35	0,8
2006	4142	33	0,8
2007	5075	54	1
2008	5650	49	0,8
2009	5753	74	1,2
2010	5085	55	1
2011	1175	19	1,6
<b>ВСЕГО:</b>	<b>38 940</b>	<b>411</b>	<b>1</b>

Мы так же резко теряем свои позиции в области солнечных элементов, которые опять-таки интенсивно разрабатывали в советское время для нужд космической отрасли усилиями нескольких научных школ, занимавших ведущее место в мировой науке. Показатели упали с 3,3% от общемирового потока публикаций в 2000 году до 0,8—1,1% в 2008—2011 годах. Конечно, солнечные элементы не так актуальны для России, как для Калифорнии или Испании, — у нас солнечных дней значительно меньше. Вот и один из мегапроектов Роснано, связанный со строительством предприятий по производству солнечных батарей, ориентирован почти исключительно на экспорт. Но даже эти технологии нуждаются в постоянной научной подпитке и непрерывном усовершенствовании, чего невозможно достичь при столь низкой активности исследований.

И уж коли заговорили о космосе, то приведем данные по направлению «нанотехнологии в авиационно-космической отрасли». Тоже когда-то ходили в мировых лидерах, теперь же эти исследования отстают даже от других отечественных работ по нанотехнологиям. Доля российских публикаций в этой области составляет в среднем 2,3% при двух явных провалах: 0% публикаций в 2000 году и 0,9% — в 2006-м. Не эти ли недоработки аукнулись в многочисленных катастрофах минувшего года? И еще одно интересное наблюдение. Основная часть (70%) зарубежных статей в этой области отнесены к разделу Engineering (инженерные науки, техника), что говорит о прикладном характере публикаций. Для российских статей эта доля составляет 32%, а 40% статей относятся к физике и астрономии, то есть российские работы несут в большей степени фундаментальный, чем прикладной характер. Фундаментальность, конечно, необходима, но не в ущерб безопасности полетов.

## О патентах

Мы подошли к прикладным работам, результативность которых отражают, в частности, зарегистрированные патенты. Ситуация здесь ужасающая, о чем, впрочем, все и так знают из выступлений чиновников различного ранга. Данные о числе российских патентов в области нанотехнологий приведены на рис. 4. НЭИКОН специально оговаривает, что эти оценки весьма приблизительны, так как поиск по патентным базам данных затруднен из-за невозможности классификации патентов по нанорубрике, но сути дела это не меняет.



4

*Динамика российских патентов в области нанотехнологий*

Количество российских патентов чрезвычайно мало. Специалисты НЭИКОН благоразумно не приводят сравнения с мировыми данными, так как сравнение это по большому счету было бы некорректным, потому что в практике патентования в отличие от публикации статей много национальной специфики.

В Японии, например, патентуют абсолютно все, что соответствует критериям новизны. В США — все, что может потенциально принести коммерческий доход. Ситуация в СССР была близка к японской. Заявки на авторские свидетельства оформляли практически на все, потому что это шло в зачет соцсоревнования, не стоило ни копейки и, главное, приносило хоть небольшое, но гарантированное авторское вознаграждение. Сейчас все кардинально переменялось. Подача заявки не приносит ничего, кроме суety и головной боли, правильное

оформление заявки через патентного поверенного стоит денег, еще больших требует поддержание патента.

Наконец, процесс патентования накладывает ограничения на публикацию данных в открытой печати, что неприемлемо в условиях, когда основным критерием эффективности работы научного работника стало количество опубликованных им статей. Патенты не нужны ни самим исследователям, ни организациям, которым приходится изыскивать на них значительные суммы, не предусмотренные бюджетным финансированием. Патентуют, да и то не всегда, только те разработки, которые имеют гарантии немедленного внедрения (продажи лицензии). Количество таких разработок в нашей стране приблизительно отражают данные на рис. 4.

Помимо национальной есть еще и ведомственная специфика, многое зависит от позиции руководителей научной организации и наличия хорошо действующей патентной службы. Именно этим объясняется, как нам кажется, парадоксальный факт: сотрудники Белгородского государственного университета получили за пять лет 15 патентов, тогда как в активе МГУ их всего 2. Группу же лидеров по количеству патентов за период 2006—2010 годов возглавляют Институт проблем химической физики РАН и РНЦ «Курчатовский институт» с 21 и 19 патентами соответственно.

Призывами, постоянно звучащими с самых высоких трибун, ситуацию не исправить. Необходимо, как минимум и для начала, изменить порядок финансирования патентной деятельности и систему оценки эффективности работы научных сотрудников.

## Топ-листы

Выполненный наукометрический анализ преследовал еще одну, вполне утилитарную цель: выявить наиболее активные и продуктивные научные учреждения, которым, как мы понимаем, будет отдаваться предпочтение при распределении бюджетного финансирования и на которые в первую очередь должны обратить внимание частные инвесторы и журналисты.

Проще всего ранжировать организации по общему числу публикаций за последние 5 лет. Такой топ-лист представлен в таблице 5.

**Таблица 5**

Ранжирование организаций по общему объему публикаций в области нанонаук за 2006—2010 гг.

№	Название организации	Общее количество статей
1	Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН	1579
2	Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова	873
3	Институт физической химии и электрохимии им. А.Н.Фрумкина РАН	573
4	Институт проблем химической физики РАН	561
5	Институт физики полупроводников СО РАН	536
6	Санкт-Петербургский государственный университет	479
7	Институт общей и неорганической химии им. Н.С.Курнакова РАН	448
8	Институт катализа им. Г.К.Борескова СО РАН	437

Понятно, что валовых показателей недостаточно для оценки эффективности деятельности научного учреждения. Специалисты НЭИКОН потратили много усилий на выработку критериев такой оценки, чтобы построить на их основе рейтинги российских организаций в области нанонаук. При этом задействовали как показатели, содержащиеся в нормативных документах Минобрнауки, так и индикаторы, используемые в двух наиболее авторитетных международных университетских рейтингах, а именно рейтинге, проводимом лондонской газетой «Таймс», Times Higher Education Supplement (THES), и рейтинге Шанхайского университета Shanghai Jiao Tong University,

2003, Academic Ranking of World Universities (ARWU). Рейтинги строили на основе объективных показателей, без привлечения экспертных, по сути, субъективных оценок, которые используют во многих международных и национальных системах оценки уровня науки и научных учреждений. Отметим, что специалисты НЭИКОН не возводят составленные ими рейтинги в абсолют, подчеркивая, что они могут служить лишь частью комплексной оценки деятельности научных учреждений.

В отчете НЭИКОН содержится огромное количество рейтингов как по отдельным показателям, так и по различным областям нанонаук. Приведем лишь суммарные рейтинги, рассчитанные для трех групп организаций: научно-образовательных учреждений, академических и прикладных институтов (разделение по группам сделано так же разumno и обоснованно). Организации, стоящие во главе списка, специалисты НИЭКОН назвали безусловными лидерами (среди участников национальной нанотехнологической сети).

В категории научно-образовательных учреждений это МГУ им. М.В.Ломоносова, МИФИ, Санкт-Петербургские государственный университет и Государственный университет информационных технологий, механики и оптики, а также Саратовский государственный университет им. Н.Г.Чернышевского.

Среди академических институтов лидируют Институт физики полупроводников СО РАН, Институт физики твердого тела РАН и Институт проблем химической физики РАН, среди отраслевых — РНЦ «Курчатовский институт», НИИ физики им. В.А.Фока Санкт-Петербургского государственного университета и ГосНИИ генетики и селекции промышленных микроорганизмов.

Кроме научных учреждений есть еще работающие в них ученые, а среди них — свои лидеры. Их тоже помог выявить проведенный наукометрический анализ, причем успешность деятельности ученых оценивали по гамбургскому счету, принятому в некоторой части научного сообщества, а именно по индексу цитирования одной, самой цитируемой статьи.

В число лидеров вошел, например, Р.З.Валиев, директор Института физики перспективных материалов Уфимского государственного авиационного технического университета и заведующий кафедрой нанотехнологий того же университета. Это подтверждают и данные независимого корпуса экспертов (см. [http://www.expertcorps.ru/science/whoswho/by\\_branch/chem](http://www.expertcorps.ru/science/whoswho/by_branch/chem)). Однако имя этого ученого многим ни о чем не говорит. А жаль. Р.З.Валиев занимается чрезвычайно интересными исследованиями в области так называемой интенсивной пластической деформации. Этот метод позволяет получать наноструктурированные материалы, характеризующиеся высокой усталостной прочностью, долговечностью и повышенной ударной вязкостью, — короче говоря, материалы будущего. Исследования перешли в стадию полупромышленных испытаний. Рассказать обо всем этом для широкой публики трудно, но постараться надо — все-таки позитивная информация и хороший пример успешной работы отечественного исследователя. Работы на мировом уровне.

В целом же проведенный анализ выявил одну тенденцию, вызывающую неоднозначные оценки. Большинство наиболее цитируемых работ российских ученых относятся к двум категориям. Это, во-первых, обзорные статьи, а во-вторых, исследования, выполненные совместно с зарубежными коллегами (вот и наиболее цитируемая статья Р.З.Валиева удовлетворяет обоим этим критериям). А что такое «совместно»? Зачастую это исследования, которые выполнял российский ученый, находясь на стажировке в зарубежном университете или научном центре. Приписывание опубликованной статьи российской организации производится при этом формально, на основании записи об основном месте работы ученого в статье.

Вот самая цитируемая статья последнего десятилетия, выполненная с участием российского ученого — С.В.Морозова, который представляет Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (Черноголовка, Московская область). Опубликована в 2006 году в журнале «Nature», посвящена свойствам графена, принесла 2925 ссы-

лок (2860 без самоцитирования). Первые авторы, как нетрудно догадаться, А.С.Новоселов и А.К.Гейм, ставшие впоследствии лауреатами Нобелевской премии по физике, тоже, конечно, наши соотечественники, но бывшие, постоянно живущие и работающие в Великобритании и Нидерландах. И где, как вы думаете, были выполнены исследования, изложенные в статье?

Аналогичные соображения можно высказать и по поводу большинства других высокоцитируемых статей, приведенных в рейтингах НЭИКОН. С сожалением констатируем, что оригинальные работы наших исследователей, выполненные в российских университетах и институтах, пользуются гораздо меньшим вниманием зарубежных, да и отечественных коллег.

## Заключение

Повторю главный вывод из обширного исследования, выполненного по заказу Минобрнауки: нанонауки в России есть, исследования ведутся во всех основных их областях, и ведутся

довольно успешно с учетом всех привходящих обстоятельств и сложностей.

Что же дальше? И что необходимо предпринять, чтобы эти исследования продолжались и развивались впредь? Проведенный наукометрический анализ наглядно показал, что предпринимаемые усилия по интенсификации исследований в области нанотехнологий не дали пока ощутимых результатов. Можно, конечно, ссылаться на высокую инерционность науки и говорить, что все эти меры проявят себя в будущем. А можно честно признать, что необходимы другие, возможно, принципиально другие решения. И в первую очередь надо определиться с целью: куда мы идем, что хотим получить от нанотехнологий? Признание зарубежных партнеров, выручку от экспорта продукции, повышение обороноспособности государства или благосостояния народа? И в зависимости от поставленной цели оценивать эффективность работы ученых по тому, насколько она способствует движению к этой цели.

## Нанонауки – это...

Приведенный перечень может показаться занудным и избыточным. Однако нам он представляется чрезвычайно важным. Если вы не поленились и прочитаете его целиком, то у вас сложится близкое к полному представлению о том, что такое нанонауки и для чего они нужны. Этот перечень сам по себе — один из важнейших результатов работы, проделанной НЭИКОН.

### Наноматериалы

Наибольшая определенность царит в области наноматериалов, несмотря на их многочисленность и разнообразие. В этой области пришлось даже вводить дополнительную градацию, выделив в отдельные группы функциональные материалы с особыми физическими свойствами, конструкционные материалы, углеродные материалы и композиционные наноматериалы.

Функциональные наноматериалы включают в себя:

- полупроводниковые, сверхпроводящие и люминесцентные вещества с наноструктурой;

- магнитные вещества, ферро- и антиферромагнетики;

- «умные», или интеллектуальные, материалы, чувствительные к изменению температуры, влажности, кислотности или других параметров окружающей среды, обладающие памятью формы и способностью к самовосстановлению;

- метаматериалы с отрицательным показателем преломления, на основе которых когда-нибудь будет создан плащ-невидимка;

- катализаторы, без которых немыслима химическая и нефтехимическая промышленность;

- сорбенты, мембраны и фильтры, позволяющие очищать все и вся, включая воздух и воду;

- поверхностно-активные вещества (ПАВ); наночернила и нанокраски;

- биосовместимые материалы, необходимые для протезирования и имплантации;

- разнообразные нанопокрывтия (антикоррозионные, антифрикционные, гидрофобные, бактерицидные) и т. д.

Не будет большим преувеличением сказать, что если бы нанотехнологии не давали нам ничего, кроме функциональных наноматериалов, то и тогда работы в этой области были бы оправданы с лихвой.

Их дополняют конструкционные наноматериалы — разнообразные металлы и сплавы с внутренней наноструктурой, сверхпрочные и сверхлегкие, термически, химически и радиационно стойкие, необходимые, в частности, для аэрокосмической отрасли, атомных электростанций или строительства магистральных нефтегазопроводов высокого давления.

Особое внимание нанонауки уделяют углеродным материалам, которые в последние четверть века действительно пережили небывалый взлет и расцвет. Это разнообразные фуллерены, углеродные нанотрубки, графен и его производные, углеродные волокна, наноалмазы и алмазные пленки. Все они находят все более широкое применение в разнообразных областях, от медицины до электроники.

И наконец, наноконкомпозитные материалы, разнообразные керамики, проводящие композиты, наноклеи, нанонаполнители, смазки, армированные пластики и т. д.

### Наноэлектроника

Несколько сложнее обстоит дело с наноэлектроникой. Дело в том, что привычная нам микроэлектроника уже десятилетие назад перешагнула критический рубеж размера транзистора в 100 нм и превратилась тем самым в наноэлектронику. Современные ноутбуки, смартфоны, плееры суть продукция нанотехнологий. Таким образом, одно из направлений работ в области наноэлектроники связано с дальнейшим развитием транзисторной технологии на основе кремния в сторону дальнейшей миниатюризации и увеличения степени интеграции. Другое направление — поиск альтернативных технологий, например основанных на использовании полупроводниковых наногетероструктур или углеродных материалов (графена, фуллеренов, углеродных нанотрубок), а также принципиально новых эффектов, таких, как размерное квантование, квантовые вычисления, спинтроника. Третье направление — создание наноэлектромеханических устройств (включая нанороботы) для диагностики, контроля и управления различными процессами, в том числе протекающими в нашем организме.

### Нанопотоника

Менее известна широкой общественности нанопотоника, которая изучает распространение, преобразование, испускание и поглощение оптического излучения в наноструктурах. Но ее приложения нам близки и понятны. Это всевозможные устройства отображения информации типа дисплеев, оптические запоминающие устройства (CD и DVD), оптоволоконные линии связи, системы преобразования световой энергии в электрическую (фотоэлектрические преобразователи, солнечные батареи) и электрической в световую (светодиоды) и многие другие.

### Нанобиология

Нанобиология объединяет молекулярную биологию, биотехнологию в части использования ферментов, генную инженерию, например создание генетически модифицированных организмов — бактерий, растений и животных. В сфере ее интересов попадают антиоксиданты, гормоны, витамины, антимикробные средства. В ее ведении также находятся вопросы биобезопасности и токсичности наночастиц. И наконец, специалисты в области нанобиологии занимаются созданием средств диагностики и аналитического контроля, использующих природные механизмы и предназначенных для анализа биологических объектов, таких, как биочипы, электронный нос или электронный язык.

### Наномедицина

Под наномедициной понимают применение достижений нанотехнологий при диагностике и лечении, а именно слежение, исправление, конструирование и контроль биологических систем человека на молекулярном уровне с использованием наноустройств и наноструктур. Наномедицина включает в первую очередь создание систем направленного транспорта (адресной доставки) лекарств, а также создание лекарственных и диагностических средств на основе нанообъектов, в частности всем хорошо знакомых наночастиц золота или менее известных коротких РНК-цепочек. Сюда же примыкают работы по генной терапии, использованию биосовместимых материалов для протезирования и имплантации и т. п.

### Методы и инструменты исследования, сертификации наноматериалов и наноустройств

