

# НАУЧНЫЙ ЗАДЕЛ РОССИИ ПЕРЕД НАЧАЛОМ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО БУМА\*

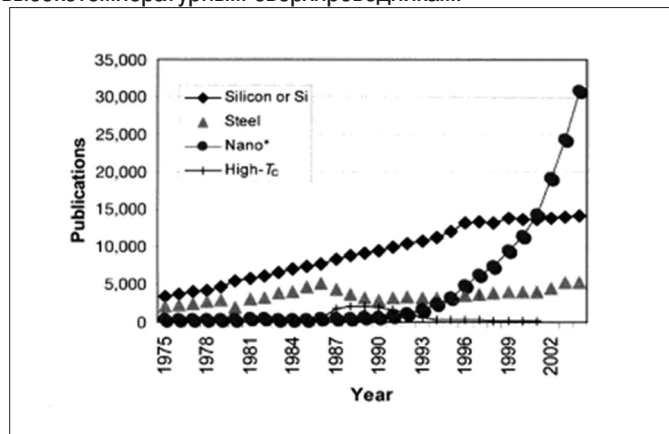
**В** докладе Министра науки и образования Российской Федерации А.А. Фурсенко "О развитии нанотехнологий в РФ" на заседании правительства 07.09.2006 г. в качестве одного из критериев оценки качества реализации федеральных и целевых программ было названо увеличение числа публикаций и докладов российских ученых в журналах мирового уровня и на представительных международных конференциях.



В связи с отмеченным критерием, в котором, насколько известно, впервые на государственном уровне подчеркивается важность публикаций российских ученых в высокорейтинговых изданиях и докладов на авторитетных форумах, представляется интересным хотя бы в первом приближении оценить научный задел, с которым страна включилась в "наногонку", и как цитируются результаты российских исследователей в данной области.

Начало интенсивных работ в области нанонауки и нанотехнологии (НН и НТ) относится примерно к середине 90-х годов XX века. Именно с этого времени наблюдается значительный рост публикаций по обсуждаемой тематике. На рисунке показано изменение количества статей по различным направлениям материаловедения за период с 1975 по 2004 г. [1], приведенное в американском журнале "Индекс научного цитирования" (SCI). Темпы роста числа статей по нанопроблематике существенно опережают увеличение числа науч-

ных публикаций по обычным металлическим материалам и полупроводникам, не говоря уже о затухающем интересе к высокотемпературным сверхпроводникам.



Рост количества статей: полупроводники (♦), нанотехнологии (●), стали и материалы на их основе (▲), высокотемпературные сверхпроводники (+)

\* По материалам доклада на 2-й Всероссийской конференции по наноматериалам НАНО-2007 (13-16 марта 2007 г., Новосибирск).

Бурный рост публикаций по НН и НТ обусловлен как актуальностью проблематики, так и тем, что она относится к меж- и мультидисциплинарным направлениям, сочетая в себе физические, химические, биологические, материаловедческие, компьютерные, медицинские, инженерные, технологические, системные и иные подходы. Советские и российские ученые активно работали во многих из вышеназванных областей, не подозревая, впрочем, в большинстве случаев о том, что участвуют в формировании базиса будущего наносообщества. Можно назвать, по крайней мере, 35-40 монографий, опубликованных вплоть до "нанобума" и обобщивших результаты исследований в различных областях физики, химии и материаловедения, имеющих отношение к категории "нано". Большинство из этих монографий приведено в обзоре [2].

Перечень наиболее значимых для НН и НТ научных направлений, в которых советскими и российскими учеными развивались фундаментальные представления, выглядит примерно следующим образом:

- физика поверхности и низкотемпературных систем;
- физика и технология полупроводниковых наноструктур;
- физика намагнетизма;
- физика и технология ультрадисперсных сред;
- диффузионно-контролируемые процессы;
- физика прочности и структура наноматериалов;
- физика и химия аморфных сплавов;
- физика и химия наноструктурных пленок и имплантированных слоев;
- физико-химическая механика, химическая синергетика, механохимия и термодинамика дисперсных сред;
- фотохимия, криохимия, химия и физика кластеров;
- полимерные нанокомпозиты;
- квантово-химическое моделирование нанообъектов.

Развивались также научно-технологические основы получения нанопорошков и наноматериалов различными методами:

- плазмохимический синтез;
- механохимический синтез;
- электрохимия;
- газофазный синтез;
- электрический взрыв проволок;
- восстановление оксидов;
- синтез наноалмаза и нанонитрида бора;
- изготовление объемных наноматериалов методом интенсивных пластических деформаций.

Заметный прогресс в эти годы был достигнут в разработке и изготовлении сканирующих туннельных микроскопов и инденторов с непрерывной регистрацией.

Немаловажно и то, что в СССР было налажено производство таких нанопроductов, как сажа, катализаторы, тонкие фильтры для разделения изотопов, ультрадисперсные плазмохимические порошки и др.

Вышеприведенные сведения дают лишь минимальный объем информации о ситуации в НИОКР. В силу специализации автора в области физикохимии наноматериалов эти сведения не содержат, в частности, данных по биологии, медицине, наукам о земле и, конечно, нуждаются в подробном содержательном анализе, который выходит за рамки статьи. Тем не менее, из представленных данных вполне очевиден основательный задел советской и российской науки и техники в области НН и НТ.

Во многих городах бывшего Советского Союза (Москва, Ленинград, Новосибирск, Киев, Минск, Свердловск, Томск, Рига, Харьков, Черноголовка, Троицк, Уфа, Красноярск, Горький, Владивосток и др.) в академических, вузовских и отраслевых институтах работали высококвалифицированные научные коллективы и группы специалистов. По предложению И.Д. Морохова, В.Ф. Петрунина и Л.И. Трусова еще в 1979 г. при Научном совете АН СССР "Физика, химия и механика поверхности" была создана секция "Ультрадисперсные системы". Секция координировала НИР в названной области, провела в Звенигороде (1984 г.) и Риге (1989 г.) Всесоюзные конференции по физикохимии ультрадисперсных систем [3,4]\*.

Известные трудности девяностых годов в развитии отечественной науки значительно осложнили ситуацию и в НН и НТ. Используя спортивную терминологию, можно утверждать, что, обладая значительным заделом и потенциалом, Россия, к сожалению, засиделась на старте "наногонки" на несколько лет. В настоящее время, когда НН и НТ придан высокий государственный статус, ситуация понемногу выправляется, однако многое упущено, а нагонять всегда сложнее, чем идти в лидирующей группе.

Рассмотрим данные о цитируемости статей российских ученых, воспользовавшись информацией Междисциплинарного научного сайта <http://www.scientific.ru> об индексе цитируемости ученых, имеющих более 100 ссылок на работы, опубликованные за семь лет (C17, 1999–2005 гг.). На сайте представлена также информация о числе ссылок на работы, опубликованные с 1986 г. (C186). В списке присутствует более 50 ученых, занимающихся нанопроблематикой. Наиболее цитируемые группы — научные коллективы Нобелевского лауреата академика Ж.И. Алферова (ФТИ им. Иоффе и ИОЦ РАН) и профессора Р.З. Валиева (Уфимский авиационный институт).

Далее приводятся данные об индексах цитирования ведущих исследователей из этих групп:

\* Традиция проведения подобных конференций уже на уровне СНГ с небольшим международным участием была продолжена (1993, 2002 гг. — Томск, 1998 г. — Обнинск, 2000 г. — Екатеринбург, 2004 г. — Москва).

	C17	C186		C17	C186
Ж.И. Алферов	1590	9214	Р.З.Валиев	2991	8801
С.В. Иванов	1085	1806	И.В. Александров	1003	2731
П.С. Копьев	1153	7231	В.В. Столяров	468	612
Н.Н. Леденцев	2168	8507	Р.К. Исламгалиев		
В.М. Устинов	2438	7027	А.В. Корзников		
Р.А. Сурис	270	1309	Р.Р. Мулюков		

У составителей сайта, по всей видимости, пока не дошли руки до всех уфимских ученых, но их индексы цитирования также велики. Так, по данным [www.isiknowledge.com](http://www.isiknowledge.com) и [www.scopus.com](http://www.scopus.com), статья [5] была процитирована 436 раз, а обзор 2000 г. [6] цитировался 913 раз. Эти результаты подтверждают то, что метод интенсивных пластических деформаций, развитый благодаря работам российских и белорусских ученых, получил значительное распространение в мире.

Однако цитирование многих российских результатов в области НН и НТ не столь широко, как в случае коллективов Ж.И. Алферова и Р.З. Валиева. Проиллюстрируем это на некоторых примерах.

Хорошо известны работы Глейтера [7-9], в которых в 1981-1986 гг. были сформулированы основные концепции консолидированных металлоподобных наноматериалов, предложен метод их получения и введено понятие нанокристаллического материала. Эти результаты были доложены на двух авторитетных научных конференциях [7,9] и опубликованы в известном журнале [8] (работы в целом получили около 300 ссылок). В то же время концептуальный обзор в УФН (1981 г.) [10] и приоритетная статья 1983 г. [11], которые тоже можно было бы считать основополагающими для наноструктурного материаловедения, процитированы всего лишь около 30 раз, причем преимущественно в российских научных изданиях.

Получение магниевых сплавов методом механосинтеза, значительно улучшающее режимы последующего гидрирования за счет образования наноструктуры, впервые описано В.В. Болдыревым и сотрудниками [12]. Статья процитирована всего 14 раз. Вместе с тем работа канадских ученых, посвященная этому же вопросу и опубликованная гораздо позже, процитирована почти 140 раз [13].

В статье [14] впервые показана возможность получения сверхтвердых материалов при использовании многослойных нитридных наноструктурных пленок. Эти результаты процитированы 40 раз. Практически такие же американские данные 1992 г. [15] процитированы почти в 5 раз больше.

Перечень вялого цитирования российских результатов (а иногда и отсутствия такового) можно продолжить. Ситуация по публикации российских статей и их цитируемости с 1995 г. по май 2005 г. проанализирована в работе [16]. Россия находится на 9-м месте в мире по количеству публикуемых статей и на 17-м по цитируемости. По сравнению с 1993-2003 гг.

по количеству статей Россия опустилась на одну позицию, пропустив вперед Китай, а по их цитируемости — на две. По количеству статей по нанопроблематике, опубликованных в 2005 г. и отраженных в SCI, Россия на 9-м месте (2185 статей), причем по сравнению с 2004 г. Россия также опустилась на одну позицию, пропустив вперед Италию и опережая Тайвань и Индию всего лишь на 20 и 80 публикаций, соответственно [17,18]. Сведения о цитируемости российских статей по нанопроблематике, к сожалению, отсутствуют, но в целом страна занимает 6-е место по цитируемости физических статей и соответственно 12-е, 13-е и 25-е места — по материаловедческим, химическим и микробиологическим публикациям [16].

Низкая цитируемость российских статей в западных источниках объясняется слабой индексируемостью российских журналов в SCI. Причины этого — языковой барьер (отсутствие английских версий, а иногда и английских аннотаций), недостаточно высокий уровень публикаций (бедный ссылочный аппарат, отраслевой характер, провинциальность и др.), нерегулярность выхода, высокая стоимость английских версий. В SCI индексируется всего 107 российских журналов, а американских — чуть ли не в 15 раз больше. Российские ученые, за редким исключением, мало печатают обзоры за рубежом и не часто выступают на международных конференциях с пленарными докладами. Наконец, низкая цитируемость статей, подготовленных российскими учеными, отчасти связана и с известным снобизмом зарубежных авторов (цитируются преимущественно работы, опубликованные в высокорейтинговых журналах — Nature, Science, Journal of Applied Physics, Physical Review и т.д.).

Таким образом, поддержание паритета с развитыми в данной сфере странами (США, Япония, Китай, ФРГ, Южная Корея, Великобритания, Италия и др.) по количеству и качеству публикаций в области НН и НТ потребует от российских исследователей немалых усилий. Здесь нужно учитывать и огромный массив публикуемой в настоящее время и быстро нарастающей информации. Каждый день появляется около 200 статей, проходит 1-2 международных конференции, выходит из печати 1-2 монографии (сборника), посвященные нанопроблематике, что, конечно, требует надлежащего информационного обеспечения российских НИОКР [19].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Eaglesham D. The NANO Age? // MRS Bull. 2005, v. 30, pp. 260-264.
2. Андриевский Р.А. Наноматериалы: концепция и современные проблемы // Российский химический журнал, 2002, т. XLVI, № 5, с. 50-56.
3. Физикохимия ультрадисперсных систем / Под ред. И.В. Тананаева. — М.: Наука, 1987, с. 256.
4. Физикохимия ультрадисперсных систем / Под ред. Я.К. Вайвадса. — Рига, АН Латвийской ССР, 1989, с. 255.

5. Valiev R.Z., Korznikov A.V., Mulyukov R.R. Structure and hardness of UGM produced by SPD // Materials Science and Engineering 1993, v. A168, pp. 141-150.
6. Valiev R.Z., Alexandrov I.V., Islamgaliev R.K. Bulk nanomaterials from SPD // Progress in Materials Science. 2000, v.45, pp. 103-120.
7. Gleiter H. Materials with ultrafine GS. In: Deformation of Polycrystals (Eds. N. Hansen, T. Leffers, H. Lithold). Roskilde, RISO Nat. Lab., 1981, pp. 15-21.
8. Birringer R., Gleiter H., Klein H.P., Marquard P. Nanocrystalline materials – an approach to a novel solid structure // 1984, Phys.Lett. B., v.102, pp. 365-369.
9. Birringer R., Herr U., Gleiter H. Nanocrystalline Materials – A 1-st Report //Trans. Jap. Ist. Met. Suppl.,1986, v. 27, pp. 43-52.
10. Морохов И.Д., Петин В.И., Трусов Л.И., Петрунин В.Ф. Структура и свойства малых частиц // УФН, 1981, т. 133, с. 653-692.
11. Яковлев Е.Н., Грязнов Г.М., Сербин В.И., Лаповок В.Н., Трусов Л.И., Ганелин В.Я., Капитонов Е.В., Кухарь Н.Б., Бегоулев В.В. Получение поликристаллического никеля с повышенной твердостью путем прессования ультрадисперсных порошков // Поверхность, 1983, №4, с. 138-141.
12. Ivanov E.Y., Kostanchuk I.G., Boldyrev V.V. Hydrogenation of Mg alloys // J. Less Common Metals. 1986, v.131, №1.
13. Zaluski L., Zaluska A., Strom-Olsen J.O. Hydrogen absorption in n - Mg<sub>2</sub>Ni formed by MA // J. Alloys Comp. 1995, v.217, pp. 245-250.
14. Andrievski R.A., Anisimova I.A., Anisimov V.P. Structure and microhardness of TiN compositional and alloyed films // Thin Solid Films. 1991, v.205, pp. 171-176.
15. Shinn M., Hultman L., Barnet S.A. Growth, structure and microhardness of epitaxial TiN/NbN superlattices // Journal of Materials Research. 1992, v.7, pp. 901-911.
16. Маркусова В.А., Соколов А.В., Либкинд А.Н., Минин В.А. Вклад отечественной науки в мировую: результаты анализа баз данных и Института научной информации (США) // Вестник РФФИ, 2006, № 4, с. 11-22.
17. Kostoff R.N., Stump I.A. Johnson D., Murday J., Lau C.G., Tolles W. The structure and infrastructure of the global nanotechnology literature //J. Nanoparticle Research. 2006, v. 8, pp. 301-311.
18. Kostoff R.N., Koytcheff R.G., Lau C.G. The growth of nanotechnology literature // Nanotechnology Perceptions. 2006, v. 2, pp. 229-247.
19. Андриевский Р.А. Бум без шума // Поиск, 2007, №2, с.6.

#### Уважаемые читатели!

Редакция приносит свои извинения по поводу следующих неточностей, допущенных в материале "Veeco — Ваш проводник в наномир" (№2, 2007, с. 30-31).

Напечатано	Следует читать
Около 2 лет назад компания Intertech Corporation (США), более 15 лет успешно представляющая на российском рынке продукцию корпорации ThermoFischer Scientific,...	Около 2 лет назад компания Intertech Corporation (США), более 15 лет успешно представляющая на российском рынке продукцию компании Thermo Scientific (ранее Thermo Electron), входящую в состав корпорации Thermo Fisher Scientific (США), ...
В прошлом году на рынок вышло новое поколение – самый мощный на сегодняшний день контроллер Nanoscope V.	В прошлом году на рынок вышло новое поколение управляющей электроники – самый мощный на сегодняшний день контроллер Nanoscope V.
На СЗМ Dimension устанавливаются дополнительные электронные модули, при помощи которых реализуются методы сканирующей емкостной микроскопии, микроскопии сопротивления растекания, туннельной атомно-силовой микроскопии.	На СЗМ Dimension и Multi Mode устанавливаются дополнительные электронные модули, при помощи которых реализуются методы сканирующей емкостной микроскопии, микроскопии сопротивления растекания, туннельной атомно-силовой микроскопии.
CP-P и Caliber – приборы нижней ценовой категории – также отвечают высочайшим стандартам качества и рассчитаны на широкий спектр приложений.	CP-II и Caliber – приборы нижней ценовой категории – также отвечают высочайшим стандартам качества и рассчитаны на широкий спектр приложений.