

ИННОВАЦИИ В ОБРАЗОВАНИИ

УДК 001.92:37

КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАНОНАУКИ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ: АНАЛИЗ ДИССЕРТАЦИОННЫХ ПОТОКОВ

© 2009 г.

Е.В. Чупрунов, Б.И. Бедный, А.А. Миронос, Т.В. Серова

Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского

bib@unn.ru

Поступила в редакцию 18.03.2009

Приведены результаты наукометрического исследования диссертационных потоков в сфере нанонауки и нанотехнологий в России, данные о динамике роста числа присужденных ученых степеней в период с 1995 по 2006 год, распределения диссертационных работ по научным специальностям и организациям, в которых они выполнялись. Проведен анализ публикационной и патентной активности диссертантов. Выявлены ведущие университеты и научные организации, осуществляющие подготовку кадров высшей квалификации в области нанонауки и нанотехнологий.

Ключевые слова: подготовка научных кадров, диссертационные потоки, наукометрия, нанонаука, нанотехнологии.

За последние десятилетия российская наука понесла значительные кадровые потери, в результате которых сегодня она уже не является конкурентоспособной по всему фронту научных исследований. В связи с этим особый интерес представляет анализ кадрового обеспечения тех направлений, которые официально признаны приоритетными для развития науки и технологий в нашей стране. К числу таких направлений относятся исследования в области наноматериалов, наносистем и нанотехнологий.

Стремительное развитие нанотехнологий на рубеже XX и XXI веков многими экспертами рассматривается как начало третьей научно-технической революции [1–3]. Сегодня национальные программы по развитию нанонауки и нанотехнологии приняты более чем в 60 странах мира. Мнения экспертов по поводу позиции России в мировом нанотехнологическом рейтинге неоднозначны. Некоторые авторы считают, что Россия заметно отстала от США, ряда европейских стран, Японии и Китая [1, 4–6]¹. Другие настроены более оптимистично, утверждая, что в целом России удалось сохранить потенциал, накопленный еще в советские годы,

и по ряду нанотехнологических направлений она находится на мировом уровне [7–9].

Включение России в «нанотехнологическую гонку» предполагает создание в кратчайшие сроки целостной образовательной системы для подготовки нового поколения исследователей, обладающих междисциплинарными фундаментальными знаниями и владеющих современным нанотехнологическим оборудованием. Согласно [6], в ближайшее десятилетие России потребуется не менее 30 тысяч таких специалистов. Важнейшим источником пополнения российской науки высококвалифицированными исследователями является институт аспирантуры и соискательства.

В 2008 г. в нашей стране начата реализация федеральной программы «Развитие инфраструктуры nanoиндустрии в РФ на 2008–2010 годы», целью которой является создание Национальной нанотехнологической сети для развития и реализации потенциала отечественной nanoиндустрии. Мероприятия этой программы наряду с созданием благоприятных условий для трансфера знаний, содействием развитию перспективных направлений науки и технологий предусматривают и ускоренную подготовку высококвалифицированных специалистов.

Масштабные задачи по развитию в России нанотехнологического направления обуславливают необходимость анализа существующей

¹ Информационный вклад российских ученых в нанонауку за последние 5–6 лет заметно снизился и составляет сейчас 1.5% против 6% в 2000 году; число международных патентов, полученных россиянами, в пересчете на 1 млн жителей в 100 раз меньше, чем в США [9].

системы производства и распространения научных знаний, а также эффективности подготовки кадров высшей научной квалификации для развития наноиндустрии. В связи с этим изучение диссертационных потоков представляется особенно важным для оценки кадрового потенциала развития приоритетных научных направлений.

В настоящей работе приведены результаты наукометрического анализа подготовки научных кадров высшей квалификации в сфере нанонауки и нанотехнологий². Для проведения такого анализа нами создана специализированная база данных о кандидатских и докторских диссертациях в области наносистем, наноматериалов и нанотехнологий, содержащая информацию о диссертационных работах, защищенных в российских высших учебных заведениях и научных организациях начиная с 1995 года. Выборка диссертаций, посвященных исследованию наносистем, наноматериалов и нанотехнологий («нанодиссертации»), осуществлена на основе следующих источников:

- каталога авторефератов диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ), содержащего информацию о всех открытых диссертационных работах, защищенных в вузах и научных организациях РФ с 1987 года;
- электронной библиотеки диссертаций РГБ (глубина архива – с начала 2004 года по всем специальностям);
- электронной библиотеки авторефератов диссертаций Российской национальной библиотеки (РНБ; глубина архива – с 1999 по 2007 год по всем разделам науки).

В результате работы с каталогом РГБ составлен полный список авторефератов диссертационных исследований, соответствующих заданной тематике. Полнотекстовые электронные ресурсы – электронная библиотека диссертаций РГБ и электронная библиотека авторефератов диссертаций РНБ – позволили работать непосредственно с текстами авторефератов, содержащими информацию о городах и об организациях, в которых выполнялась работа, о научных руководителях/консультантах, публикациях и патентах диссертантов, об апробации и практическом использовании полученных результатов. Совместная работа с двумя полнотекстовыми базами данных обеспечивала сто-

процентное соответствие выборки авторефератов со списком, полученным по каталогу РГБ.

Поиск «нанодиссертаций» осуществлялся по словам с приставкой «нано-» в названиях диссертаций, а также словам и словосочетаниям «фуллерен», «дендример», «квантовые точки» и «квантовые нити»³. Подобная методика поиска научной информации в сфере нанотехнологий впервые предложена, обоснована и апробирована при изучении публикаций и исследовательских проектов в области нанонауки и нанотехнологий в работах [10, 11].

В результате работы с каталогом РГБ выявлены 693 диссертации в области наносистем, наноматериалов и нанотехнологий, утвержденные ВАК России с 1995 по 2006 год, в том числе 582 кандидатские и 111 докторских диссертаций.

Задачи исследования предусматривали изучение распределений диссертационных потоков по отраслям знания и научным специальностям, выявление высших учебных заведений и научных организаций, осуществляющих подготовку научных кадров в области нанонауки и нанотехнологий, исследование динамики роста числа диссертаций и публикационной активности диссертантов. Ниже приведены результаты анализа полученных данных.

География «нанодиссертаций» и ведущие научно-образовательные центры

Диссертационные работы, защищенные в период с 1995 г. по 2006 г., выполнены в 51 городе России. Перечень городов, лидирующих по числу подготовленных кандидатов и докторов наук, дан в табл. 1. В этот перечень вошли 12 городов, в каждом из которых подготовлено не менее десяти специалистов высшей квалификации в области нанонауки и нанотехнологий. Отметим, что на долю этих центров приходится более 80% всех «нанодиссертаций».

Известно, что по числу российских организаций, занимающихся исследованиями и разработками в области нанонауки и нанотехнологий, академический сектор науки до последнего времени опережал вузовский [13]. Однако за последние годы наблюдается преимущественный рост числа выполненных диссертационных работ в высших учебных заведениях. Если в 2000 году 58% всех «нанодиссертаций» защищены сотрудниками академических институтов,

² В работах [10–12] методами наукометрии исследованы российские информационные потоки в области нанотехнологий – научные статьи, патенты, исследовательские проекты. Это позволило дать формализованную оценку продуктивности исследований российских ученых по приоритетному направлению «Индустрия наносистем и материалы».

³ Поисковое предписание: нано* (за исключением наносекунд*, нанограмм*, нанопланктон*), фуллер*, дендример*, квантов* точк*, квантов* ям*, квантов* нит*.

31% – аспирантами и сотрудниками вузов и 11% диссертаций выполнены в ГНЦ и отраслевых НИИ, то к 2006 году ведомственная структура подготовки научных кадров в сфере нанотехнологий существенно изменилось: 64% диссертационных работ подготовлено в вузах, 32% – в институтах РАН и лишь 4% – в ГНЦ и отраслевых НИИ.

Таблица 1

Города-лидеры по подготовке научных кадров в области нанотехнологий

Город	Доля диссертаций, %
Москва	36.1
Санкт-Петербург	16.0
Нижний Новгород	4.7
Новосибирск	4.1
Воронеж	3.5
Черноголовка	3.5
Томск	3.2
Красноярск	3.0
Екатеринбург	2.0
Ижевск	2.0
Саратов	2.0
Казань	1.9

Лидирующую позицию по числу подготовленных кандидатов и докторов наук занимает Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, в котором выполнено 13% всех диссертационных работ в области наносистем и нанотехнологий. Второе и третье места в рейтинге институциональных участников исследований и подготовки научных кадров в области нанонауки и нанотехнологий занимают Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН (4.5%) и Санкт-Петербургский государственный университет (3%). Четвертое и пятое места делят Воронежский государственный технический университет и Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского, на долю каждого из которых приходится 2.2% диссертационных работ. Отметим, что на долю МГУ им. М.В. Ломоносова приходится 20% всех диссертационных работ, подготовленных в высших учебных заведениях страны, на долю Санкт-Петербургского университета – 5%, Воронежского государственного технического университета и Нижегородского госуниверситета им. Н.И. Лобачевского – по 4%.

В академическом секторе науки в отношении подготовки кадров высшей научной квалификации кроме Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе (13% всех «нанодиссертаций», защищенных сотрудниками РАН) выделяются Институт проблем химической физики (6%),

Институт физики микроструктур РАН (5%) и Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН (4.7%).

В отраслевом секторе науки лидером по подготовке научных кадров в области нанотехнологий является Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова, на долю которого приходится 23% отраслевых диссертаций.

Дисциплинарное распределение «нанодиссертаций» и динамика диссертационной активности в области нанонауки и нанотехнологий

Распределения кандидатских и докторских работ по отраслям науки приведены в табл. 2. По числу присужденных степеней с большим отрывом лидируют физико-математические науки.

Анализ распределений по научным специальностям показывает, что для диссертаций в области физики, химии и биологии характерно наличие двух наиболее распространенных специальностей, на которые приходится более 60% присужденных кандидатских и докторских степеней (см. табл. 3). В технических науках 36% диссертационных исследований выполнено в области нанoeлектроники. Кроме того, в число специальностей, по которым подготавливается наибольшее количество кадров высшей научной квалификации, вошли специальности, связанные с технологией производства новых материалов (05.02.01 – Материаловедение, 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов, 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов, 05.27.06 – Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники).

Таблица 2

Распределение диссертаций по отраслям наук, %

Отрасль науки	Кандидатские диссертации	Докторские диссертации
Физико-математические	49.9	58.6
Химические	28.1	16.2
Технические	18.5	21.6
Биологические	2.3	3.6
Медицинские	0.7	0
Науки о Земле	0.3	0
Геолого-минералогические	0.2	0

О темпе роста числа диссертаций в области наносистем, наноматериалов и нанотехнологий можно судить по данным, приведенным на

Таблица 3

Наиболее распространенные научные специальности в области наносистем, наноматериалов и нанотехнологий

Отрасль науки	Специальность	Доля диссертационных работ по данной специальности, %
Физико-математические науки	01.04.07 – Физика конденсированного состояния	43
	01.04.10 – Физика полупроводников	22
Химические науки	02.00.04 – Физическая химия	46
	02.00.06 – Высокомолекулярные соединения	19
Биологические науки	03.00.02 – Биофизика	41
	03.00.04 – Биохимия	29
Технические науки	05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника на квантовых эффектах	36

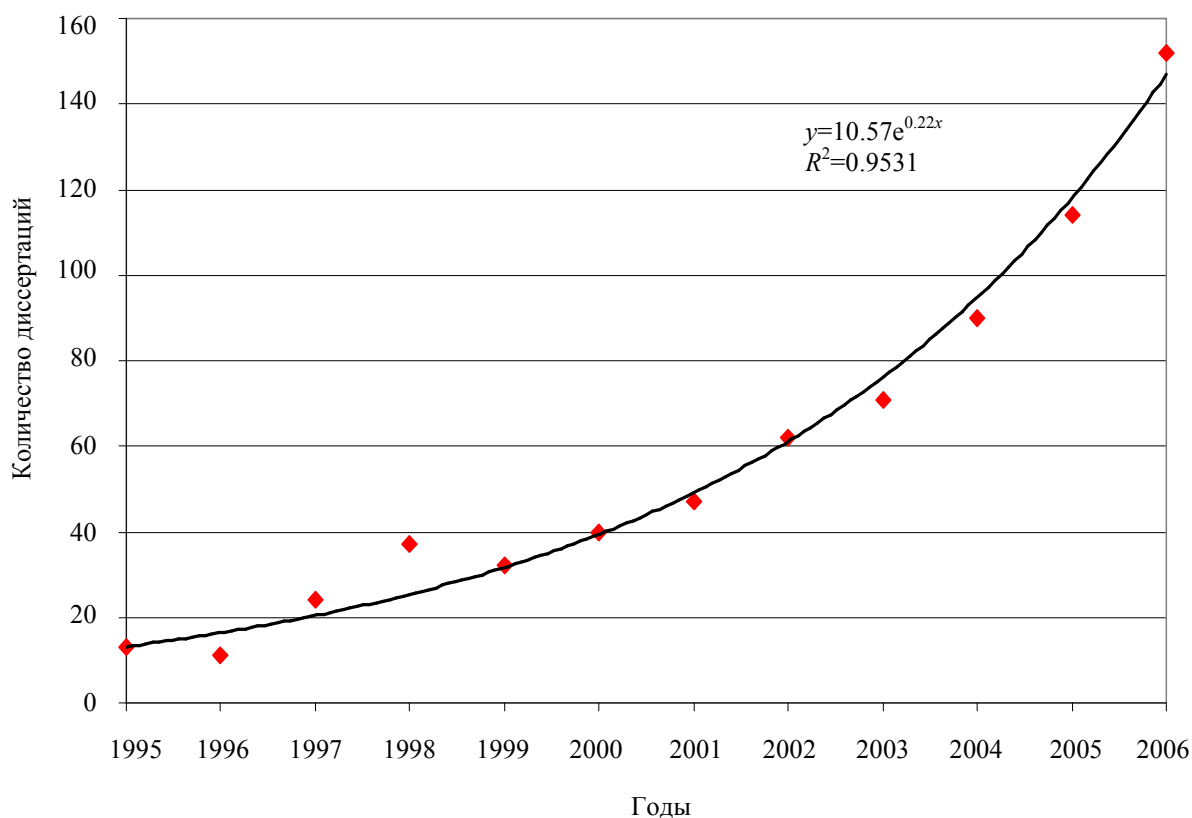


Рис. 1. Рост числа диссертаций в области наносистем, наноматериалов и нанотехнологий. Точки – эмпирические данные; сплошная линия – расчет по формуле (1)

рис. 1. В рассматриваемом временном интервале увеличение числа диссертаций удовлетворительно аппроксимируется экспоненциальным законом вида:

$$N(t) = N(0) \cdot \exp(kt), \quad (1)$$

где $N(t)$ – число ежегодно защищаемых диссертаций, $N(0)$ – число диссертаций, защищенных в 1995 году ($t = 0$), k – коэффициент, определяющий скорость роста числа диссертаций.

Экспоненциальное увеличение показателей развития науки обычно характеризуют перио-

дом удвоения (τ). Полученные данные свидетельствуют о том, что период удвоения числа диссертаций в области нанонауки и нанотехнологий $\tau_{nd} = 3.2$ года. Отметим, что темп роста числа диссертаций, подготовленных в высшей школе, существенно опережает темп роста числа диссертаций, подготовленных в институтах РАН: для вузов период удвоения оказался равным 1.9 года; для институтов РАН – 3.5 года.

Количественный анализ наукометрических показателей (числа публикаций, научных журналов, научных работников и др.) показывает, что

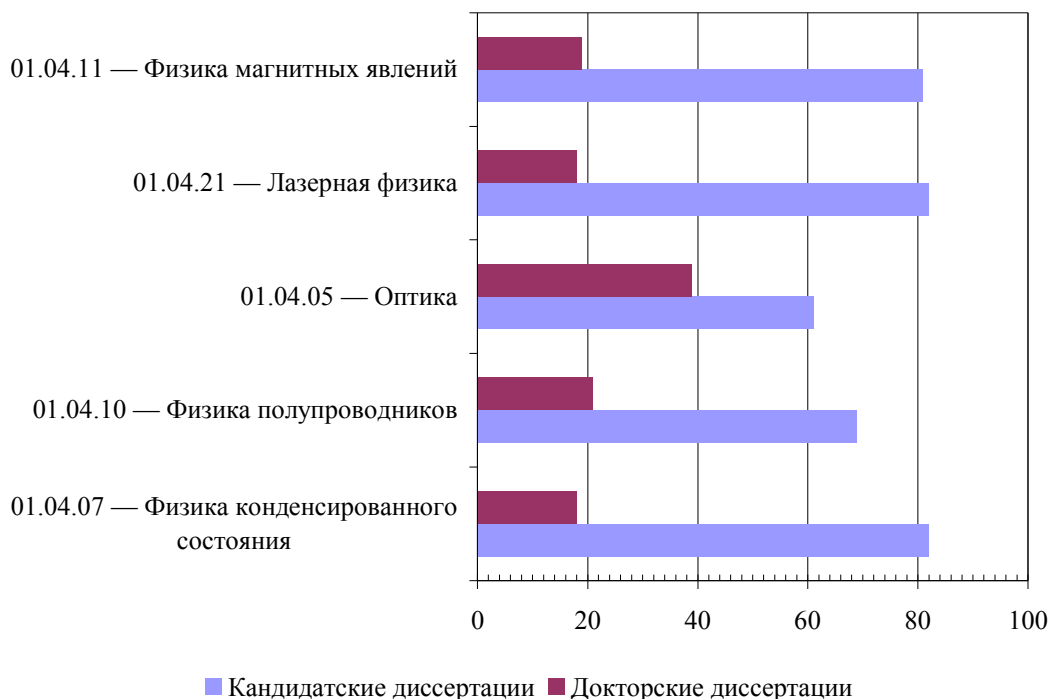


Рис. 2. Соотношение кандидатских и докторских диссертаций, защищенных по физическим специальностям

на протяжении длительных интервалов времени ускоренное (экспоненциальное) развитие науки в среднем характеризуется периодом удвоения $\tau = 10\text{--}15$ лет (см., например, [14, 15]). Таким образом, характерный для «нанодиссертаций» период удвоения $\tau_{nd} = 3.2$ года свидетельствует о том, что мы имеем дело с исключительно быстро развивающимся, прорывным научным направлением. Отметим, что близкие значения периода удвоения (2.8 года) выявлены при изучении динамики исследовательских «нанопроектов» РФФИ [11] и, по-видимому, характерны сегодня для других индикаторов нанонауки в России. Вместе с тем следует иметь в виду, что по темпу роста показателей развития нанонауки Россия пока еще отстает от мирового уровня, который характеризуется периодом удвоения числа «нанопубликаций», равным 1.6 года [16].

Изучение динамики диссертационной активности в сфере нанотехнологий в отдельных областях знания показало, что темпы роста числа диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по физико-математическим, химическим и техническим специальностям отличаются незначительно. Кандидатские «нанодиссертации» по биологии в нашей стране стали появляться начиная с 2000 года, и к 2007 году было присуждено лишь 14 степеней кандидата биологических наук за работы в области нанонауки и нанотехнологий. Начиная с 1998 года

появились признаки диссертационной активности в отношении докторских степеней у физиков, занимающихся проблемами нанонауки, с 2003 года – у химиков, инженеров и технологов, и лишь в 2005 году появились первые докторские диссертации по биологии (за рассматриваемый период по биологическим наукам защищено всего четыре докторские диссертации).

Отметим, что тематический спектр докторских диссертаций охватывает лишь четыре научные отрасли – физико-математические, технические, химические и биологические науки (65, 18, 24 и 4 диссертации соответственно), в то время как среди кандидатских диссертаций появляются единичные работы в области медицины и наук о Земле. Таким образом, сегодня в России объекты наномира в основном являются предметом научного интереса физиков, химиков и технологов.

Для анализа подготовки кадров высшей научной квалификации определенным интересом представляет баланс докторских и кандидатских диссертаций, защищаемых по конкретным научным специальностям (расширенное воспроизводство научных кадров, способное обеспечить динамичное развитие научной дисциплины, должно проявляться в существенном преобладании защит кандидатских работ над докторскими). Из общего числа докторских «нанодиссертаций» 58% приходится на диссертации в облас-

ти физики. На рис. 2 показано соотношение кандидатских и докторских диссертаций по основным для нанонауки физическим специальностям. Видно, что в оптике доля докторских диссертаций составляет приблизительно 40%.

В заключение выделим научные специальности, с которыми в последние годы связан ускоренный рост подготовки кадров высшей квалификации в области нанонауки и нанотехнологий.

- В физике наблюдается особенно интенсивный рост числа диссертаций по специальности «Физика конденсированного состояния» (период удвоения $\tau_n = 2.7$ года). Начиная с 2003 года существенно возрос поток диссертационных исследований по специальностям «Лазерная физика», «Физика магнитных явлений» и «Оптика».

- Рост числа диссертаций по химическим наукам в основном обеспечивается специальностями «Физическая химия» и «Высокомолекулярные соединения». В 1998 году появились первые «нанодиссертации» по неорганической химии, а начиная с 2000 года – по катализу.

- Более 80% диссертационных работ по техническим наукам защищены в период 2002–2006 гг. Спектр технических специальностей достаточно широк, однако особенно быстро увеличивается число работ в области полупроводниковой электроники (специальности: 05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника на квантовых эффектах, 05.27.06 – Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники).

- Активизация подготовки диссертаций по биологическим наукам в основном связана с тематиками, относящимися к специальностям «Биофизика», «Биохимия» и «Биотехнология».

Оценка научной продуктивности диссертантов, специализирующихся в области нанонауки и нанотехнологий

В последнее время многими авторами отмечается ослабление требований к уровню научных работ аспирантов и соискателей и, как следствие, снижение качества кандидатских диссертаций [17–19]. В связи с этим представляет интерес попытка проведения формализованной оценки уровня диссертационных работ молодых ученых – соискателей степени кандидата наук в области нанонауки и нанотехнологий.

Среди критериев оценки качества подготовки молодых ученых особую роль играет продуктивность исследовательской работы и степень доведения ее результатов до потенциа-

льных пользователей. Общеизвестными показателями научной продуктивности диссертантов являются статьи в рецензируемых профильных научных журналах, патенты, а также доклады на международных и всероссийских конференциях (симпозиумах, семинарах) высокого научного уровня [18–20]. Конечно, критерии публикационной активности предназначены лишь для формализованной оценки диссертационных работ и не могут претендовать на объективную оценку научного уровня конкретной диссертации, значимости ее результатов. Тем не менее результаты подобного анализа представляются полезными на начальном этапе инвентаризации системы подготовки научных кадров. С помощью простых формальных показателей в рамках имеющейся выборки возможно получить адекватные представления об уровне диссертационных работ. Ниже приведены результаты библиометрического анализа авторефератов кандидатских диссертаций в области нанонауки и нанотехнологий, защищенных в период с 2000 по 2006 г.⁴

Анализ структуры публикаций, в которых отражены основные результаты кандидатских диссертаций, показал, что около половины всех работ – это тезисы докладов в материалах всероссийских и зарубежных научных конференций. Примерно 22% публикаций – статьи в ведущих международных и российских изданиях⁵. На долю прочих изданий приходится 27% публикаций. Среднее число публикаций, приходящихся на одну диссертационную работу, в целом по выборке равно 14.8. Из сравнения полученных результатов с усредненными данными о научной продуктивности аспирантов [20] и профессиональных ученых [21], специализирующихся в области точных и естественных наук, следует признать, что в целом уровень публикационной активности диссертантов, которым присуждена кандидатская степень за исследования в области нанонауки, достаточно высок. В частности, сопоставление с данными, полученными в работе [20], показывает, что диссертации в области нанонауки отличаются более высоким уровнем апробации полученных результатов на всероссийских и международных конференциях и меньшей долей публикаций в различного рода «местных» изданиях⁶.

⁴ Выбранный временной интервал охватывает более 80% диссертаций анализируемой нами выборки.

⁵ Соответствующие издания выделяли по списку научных изданий, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертационных исследований.

⁶ В работе [21] приведены данные о публикационной активности ученых научно-образовательного комплекса Новосибирской области. Показано, что в среднем вузовский доктор наук публикует 13 работ за 5 лет.

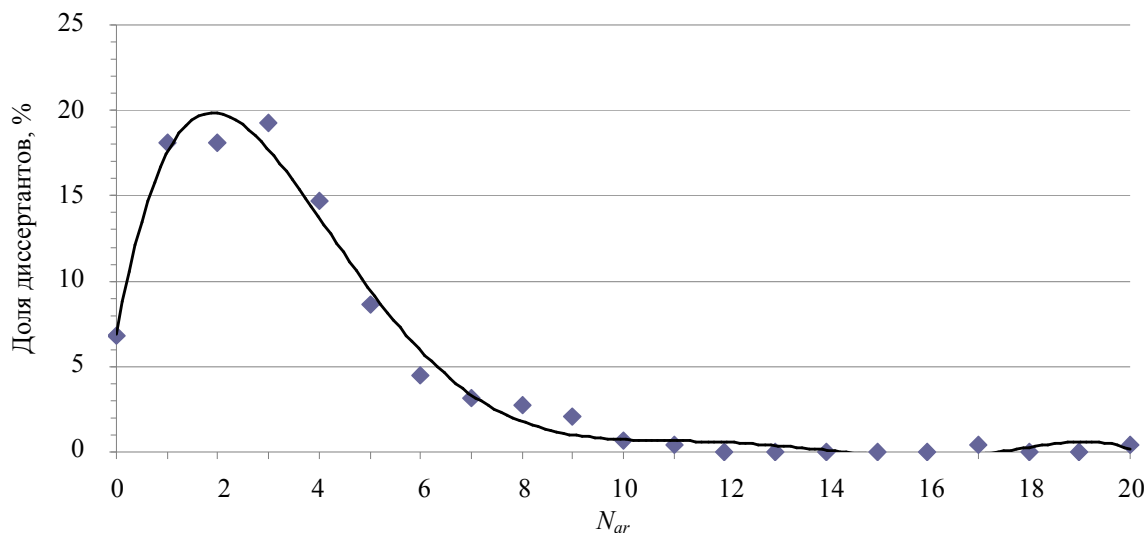


Рис. 3. Распределение диссертантов по количеству статей в ведущих российских и международных рецензируемых изданиях

На рис. 3 приведено распределение диссертаций по количеству статей в ведущих международных и российских профильных изданиях (N_{ar}). Интервал наиболее частых значений N_{ar} распространяется от 1 до 3. Среднее значение числа статей в реферируемых изданиях $\langle N_{ar} \rangle = 3.3$. Из рис. 3 видно, что около 5% диссертантов не имеют публикаций в ведущих научных изданиях, однако их результаты широко представлены на различных международных и всероссийских конференциях, а около трети из них обладают патентами (в основном это авторы работ по техническим специальностям).

По числу статей в высокорейтинговых журналах лидируют физики ($\langle N_{ar} \rangle = 3.6$), наименьшее количество таких статей у биологов ($\langle N_{ar} \rangle = 2.5$).

На рис. 4 приведено ранговое распределение 20 ведущих университетов и научных организаций по числу статей, опубликованных их диссертантами в рецензируемых российских и международных изданиях. В это распределение включены лишь те вузы и НИИ, которые превышают по анализируемому показателю среднее по всей выборке значение $\langle N_{ar} \rangle = 3.3$ и представлены в базе данных не менее чем четырьмя диссертантами. Видно, что максимальное число статей публикуют диссертанты Института физики микроструктур РАН ($\langle N_{ar} \rangle = 7.8$). Около шести статей в расчете на одну диссертацию характерно для аспирантов и соискателей Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН ($\langle N_{ar} \rangle = 5.9$) и Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского ($\langle N_{ar} \rangle = 5.8$). Четыре-пять статей на диссертацию — некий «кандидатский стандарт» Института физики твердого тела РАН,

Московского государственного института электронной техники, Физико-технического института УрО РАН, Мордовского государственного университета, Физико-технологического института РАН, Института проблем химической физики РАН, Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН.

Активное участие в научных конференциях — один из важнейших факторов развития профессиональных навыков, признания и распространения в научной среде результатов исследований и разработок молодых ученых. На рис. 5 показано распределение диссертантов, специализирующихся в области нанотехнологий, по числу всероссийских и международных конференций (N_{kc}), в которых они принимали участие. Наиболее частое значение $N_{kc} = 3$; среднее значение числа докладов на всероссийских и международных конференциях $\langle N_{kc} \rangle = 7.4$.

Безусловными лидерами по участию в конференциях высокого научного уровня являются диссертанты Института физики микроструктур РАН ($\langle N_{kc} \rangle = 19.5$). Высокую активность в этом отношении проявляют диссертанты Института общей физики им. А.М. Прохорова РАН ($\langle N_{kc} \rangle = 11.8$), Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского ($\langle N_{kc} \rangle = 10.3$), МГУ им. М.В. Ломоносова ($\langle N_{kc} \rangle = 9.1$), Института проблем химической физики РАН ($\langle N_{kc} \rangle = 9.1$).

В ходе нашего исследования предпринята попытка проведения формализованной оценки и ранжирования кандидатских диссертаций по научному уровню выполненного исследования и степени осведомленности научного сообщества о полученных результатах. Данный подход обсуждался ранее в работе [20], в которой было



Рис. 4. Распределение университетов и научных организаций по числу статей, опубликованных диссертантами в рецензируемых российских и международных научных изданиях

предложено условное разделение исследуемой выборки на несколько кластеров. Опираясь на приведенные выше средние значения числа публикаций в ведущих научных изданиях⁷, а также докладов на международных и всероссийских конференциях, можно разделить анализируемый массив авторефератов на два кластера. Первый кластер образован из диссертаций, результаты которых представлены на междуна-

родных и всероссийских конференциях и/или опубликованы в ведущих научных журналах, но число статей в таких журналах меньше округленного до целых чисел среднего значения $\langle N_{ar} \rangle$ (в нашем случае – не более трех статей). Во второй кластер вошли диссертации, результаты которых апробированы на международных и всероссийских конференциях и наряду с этим в наиболее полной мере отражены в статьях в рецензируемых профильных научных журналах ($N_{ar} > 3$). Размер первого кластера оказался равным 62%, размер второго – 38%. С большой долей условности выделенные кластеры можно использовать для оценки научного уровня диссертаций. Первый

⁷ Поскольку значительная часть исследуемых диссертаций защищена по техническим наукам, полученные диссертантами патенты на изобретения в ходе выделения кластеров по научной продуктивности приравнены к публикациям в ведущих научных изданиях.

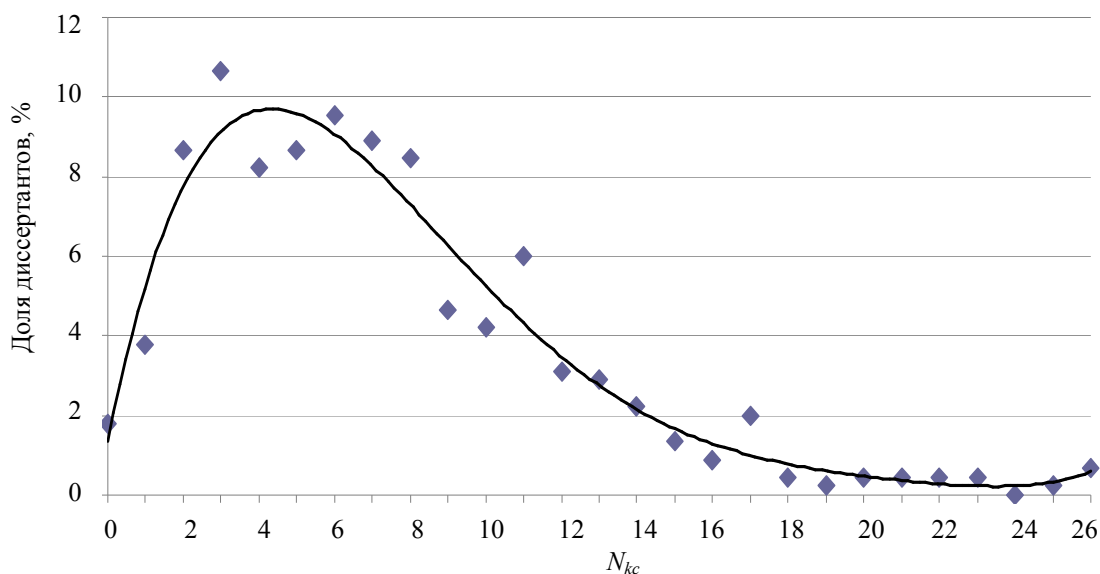


Рис. 5. Распределение кандидатских диссертаций по числу докладов на всероссийских и международных конференциях

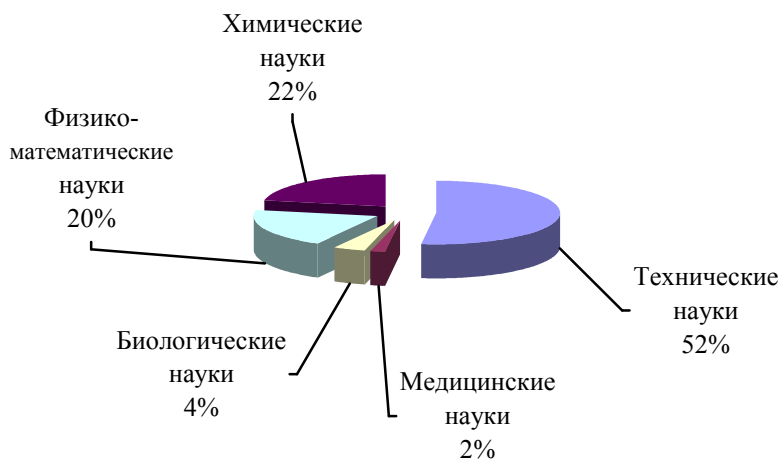


Рис. 6. Распределение диссертантов, имеющих патенты на изобретения, по отраслям науки

кластер, наиболее крупный, – это добротные работы среднего уровня. Второй кластер, в который попали более трети диссертаций, – это исследования высокого научного уровня, результаты которых хорошо известны специалистам.

Анализ показывает, что работы первого и второго кластеров практически равномерно распределены по всему рассмотренному нами временному интервалу. Выявлена лишь незначительная разница в распределении диссертаций по отраслям наук: во втором кластере несколько выше, чем в первом, доля работ по физико-математическим специальностям (55% и 48% соответственно). Доля диссертаций, защищенных по специальностям технических наук, напротив, выше в первом кластере (15% против 22%). Доля диссертаций по химии в этих кластерах приблизительно одинакова: 26–27%.

Интересным, на наш взгляд, различием между первым и вторым кластерами является различие в интервале времени между первой и последней публикацией авторов диссертаций (этот параметр характеризует время, затрачиваемое на подготовку кандидатской диссертации): для первого кластера этот интервал составляет 3.7 года, а для второго – 4.8 года. В связи с этим заметим, что около 70% диссертаций, выполненных в высших учебных заведениях, сосредоточено в кластере 1, тогда как работы, подготовленные в академических институтах, распределены между кластерами 1 и 2 в равных долях. Выявленная особенность – количественное подтверждение известного в научном сообществе факта, что в целом требования, предъявляемые к научному уровню диссертационных исследований, в институтах РАН

выше, чем в большинстве вузов, что обуславливает существенное удлинение сроков подготовки кандидатских диссертаций.

Получаемые диссертантами новые знания в области нанонауки пока еще далеки от воплощения в конкретные технологии. Об этом, в частности, свидетельствует то, что лишь 11% авторов кандидатских диссертаций в области нанонауки являются обладателями патентов на изобретения. Как видно из рис. 6, более половины из них защитили диссертации по техническим наукам. Отметим, что в среднем на одного патентообладателя, защитившего диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук, приходится 2,6 патента⁸. По количеству диссертантов, обладающих патентами, лидируют МГУ им. М.В. Ломоносова и Московский государственный институт электроники и математики: на каждый из этих вузов приходится по 8% от общего числа диссертантов, имеющих патенты.

Наряду с патентами некоторую информацию о реализации инновационного потенциала диссертационных исследований можно получить анализируя данные о практическом использовании (внедрении) результатов на конкретных предприятиях. Оказалось, что лишь 8% диссертантов (в основном это авторы работ по техническим специальностям) предоставляют в автореферате информацию о предприятиях и организациях, в которых используются или могут быть использованы полученные ими результаты. Интересно, что более 70% диссертаций, в которых указано на практическое освоение результатов конкретными организациями, выполнены в высших учебных заведениях. Лидерами по числу таких диссертаций являются Московский государственный институт электроники и математики, Московский государственный институт электронной техники, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева и Саратовский госуниверситет им. Н.Г. Чернышевского.

Заключение

Важнейшими условиями успеха в нанотехнологической гонке являются эффективная и качественная подготовка высококвалифицированных специалистов. Оптимизация использования имеющихся ресурсов возможна лишь на основе комплексной диагностики системы подготовки кадров высшей квалификации в области

нанонауки и нанотехнологий. Полученные нами эмпирические данные свидетельствуют о перспективности наукометрических подходов к исследованию кадрового обеспечения нанонауки и нанотехнологий. Количественные данные о присуждении ученых степеней в различных областях нанонауки, выявление эффективно функционирующих учебно-научных центров, данные о продуктивности диссертационных исследований представляются важными для повышения эффективности управленческих решений в сфере nanoиндустрии. Кроме того, представляется актуальным развитие наукометрических и социологических исследований в направлении изучения «постдиссертационного» периода деятельности специалистов в области нанонауки – анализа их научной продуктивности и закрепления в научно-инновационной сфере и системе образования.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (программа «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)», проект № 2.2.2.4.304).

Список литературы

1. Алфимов М. «Золотой век» стучится в дверь // Российская газета. 2006. № 4026.
2. Головин Ю.И. Нанотехнологическая революция стартовала! // Природа. 2004. № 1. С. 25–36.
3. Паршин П.Б. «Нанотехнологическая революция» и проблемы коммерциализации нанотехнологий / Аналитические записки Научно-координационного совета по международным исследованиям. Выпуск 8 (28). Ноябрь 2007. МГИМО МИД России.
4. Ананян М.А., Омаров М.А. Нанотехнологии – последний шанс России // Российские вести. 2004. № 11 (1719).
5. Клебанер В.С., Мирабян Л.М., Терехов А.И. Опыт и проблемы оценки развития нового научного направления // Науковедение. 2000. № 4. С. 106–128.
6. Третьяков Ю.Д. Проблема развития нанотехнологии в России и за рубежом / Факультет наук о материалах МГУ. URL: <http://www.fnm.msu.ru/inno/art/yudt.pdf>.
7. Алферов Ж.И. (интервью) Навстречу золотому веку // Газета «Поиск». 2008. № 4 (974).
8. Ананян М.А. НаноРоссия – сейчас или никогда // Нанотехника. 2005. № 3. С. 3–14.
9. Ковальчук М.В. Нанотехнологии – фундамент новой наукоёмкой экономики XXI века // Российские нанотехнологии. 2007. Том 2. № 1–2. С. 6–11.
10. Терехов А.И., Терехов А.А. Развитие научных исследований работ по приоритетному направлению «Индустрия наносистем и материалы»: анализ и оценка позиций России в области наноматериалов // Вестник РФФИ. 2006. № 4 (48). С. 23–37.
11. Терехов А.И. Библиометрический метод квалификации информации о производстве научного

⁸ Следует иметь в виду, что распределение патентов по диссертациям крайне неравномерное: число патентов в расчете на одну диссертацию варьируется от 0 до 11.

знания // Российский химический журн. 2002. Т. XLVI. № 5. С. 96–98.

12. Терехов А.И., Терехов А.А. Перспективы развития приоритетных направлений фундаментальных исследований (на примере нанотехнологий) // Проблемы прогнозирования. 2005. № 1. С. 131–145.

13. Гапоненко Н.В. Россия в русле глобальной гонки за лидерство в нанотехнологиях // Инновации. 2007. № 12 (110). С. 37–44.

14. Добров Г.М. Наука о науке. Киев: Наукова Думка, 1989. 302 с.

15. Хайтун С.Д. Наукометрия. Состояние и перспективы. М.: Наука, 1983. 344 с.

16. Braun T., Schubert A., Zsindely S. // *Scientometrics*. 1997. V. 38. # 2. P. 321–325.

17. Москвичев Л. Диссертация как научная квалификационная работа // Социологические исследования. 2001. № 3. С. 110–116.

18. Стриханов М., Трубецков Д., Короновский А. и др. Проблема качества научных публикаций аспирантов // Высшее образование в России. 2004. № 9. С. 96–103.

19. Бедный Б.И., Миронос А.А. Подготовка научных кадров в высшей школе. Состояние и тенденции развития аспирантуры. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2008. 219 с.

20. Бедный Б., Миронос А., Серова Т. Продуктивность исследовательской работы аспирантов (наукометрические оценки) // Высшее образование в России. 2006. № 7. С. 20–36.

21. Павлова Л.П., Артемьева Е.Б., Дубовенко В.А. Публикационная активность ученых (по материалам обследования научно-образовательного комплекса Новосибирской области) // Науковедение. 2000. № 2. С. 179–187.

PERSONNEL SUPPORT FOR NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGIES: AN ANALYSIS OF DISSERTATION FLOWS

E.V. Chuprunov, B.I. Bednyi, A.A. Mironos, T.V. Serova

Some results of a scientometric study of dissertation flows in the field of nanoscience and nanotechnologies are summarized. The data on growth dynamics in the number of degrees awarded from 1995 to 2006 are presented along with the distribution of dissertations with respect to specialities and organizations where they were prepared. An analysis of publication and patenting activity of those defending their dissertations has been made. Leading universities and research organizations providing doctoral education in the field of nanoscience and nanotechnologies have been identified.

Keywords: postgraduate education, dissertation flows, scientometrics, nanoscience, nanotechnologies.