



Национальные стратегии развития нанонауки

Нанотехнологии являются той областью науки и технологий, которая существенно изменит все сектора экономики, позволит улучшить качество жизни и окружающей среды, в значительной степени будет предопределять конкурентоспособность и геополитические позиции стран и регионов мира в XXI в. В последние годы началась борьба за лидерство в наноисследованиях и на рынке нанопродукции и наноуслуг, что, естественно, выражается в посто-

янным росте инвестиций. Общий объем инвестиций в мировом масштабе за период 2003—2006 гг. увеличился в 1,6 раза, при этом объем бюджетных ассигнований вырос в 2 раза, вложения корпоративного сектора в нанонауку увеличились в 2,3 раза, а общий объем венчурных инвестиций — в 3,3 раза (см. *рис. 1–2*).

Следует отметить, что феноменом этой области является то, что расходы корпораций на наноисследования растут быстрее, чем бюд-

жетные инвестиции в нанотехнологии, причем в США они уже превышают, а в странах Азиатско-Тихоокеанского региона находятся на уровне бюджетных инвестиций. Эти тренды сформировались в условиях, когда рынок находился на начальной стадии развития, а основная часть фундаментальных и прикладных исследований проводилась государственным сектором науки.

Количество публикаций в области нанотехнологий в мировом масштабе за период 1990–2006 гг. выросло более чем в 28 раз (см. *рис. 3*), лидируют по публикациям США, Япония, Китай и Герма-

Гапоненко Надежда Васильевна — начальник отдела Центра исследований проблем развития науки при Президиуме РАН, член-корреспондент РАЕН.
Работа выполнена при финансовой поддержке РФНФ, грант N07-02-04036а.

ния (см. рис. 4). На рис. 5 показаны города, где количество публикаций превышает 1000; плотность таких городов в США, странах ЕС и Азиатско-Тихоокеанского региона, в особенности в Японии, достаточно высока. Это те города мира, которые будут бороться за мировой рынок. Еще одной глобальной тенденцией является быстрый рост количества патентов в области нанотехнологий. В 1990–2006 гг. число выданных патентов увеличилось почти в 25 раз, т.е. темпы роста числа публикаций и патентов почти что совпадали (см. рис. 6).

Правительственные структуры более чем 35 стран мира, осознавая роль, которую будут играть нанотехнологии в XXI в., разработали национальные программы. Эти программы представляют собой национальные стратегии по формированию сбалансированной и адаптивной секторальной инновационной системы (СИС) в области нанотехнологий, а также по поддержке приоритетных наноисследований и ускорению коммерциализации НИОКР реальным сектором экономики. Все страны мира выделяют значительные ресурсы на формирование человеческого капитала, развитие научного потенциала и восполнение институциональных пробелов в СИС с целью ускорения трансферта и коммерциализации научных исследований, вывода научных результатов на рынок и занятия отдельных сегментов мирового нанорынка. Пионерами являются США: Национальная инициатива в области нанотехнологий, объявленная в США, подтолкнула разработку аналогичных программ в различных странах мира.

Национальная инициатива в области нанотехнологий США (National Nanotechnology Initiative — далее по тексту NNI) была объявлена в январе 2000 г. Она является основой национальной стратегии, нацеленной на поддержку приоритетных наноисследований и их выведение на

Рисунок 1

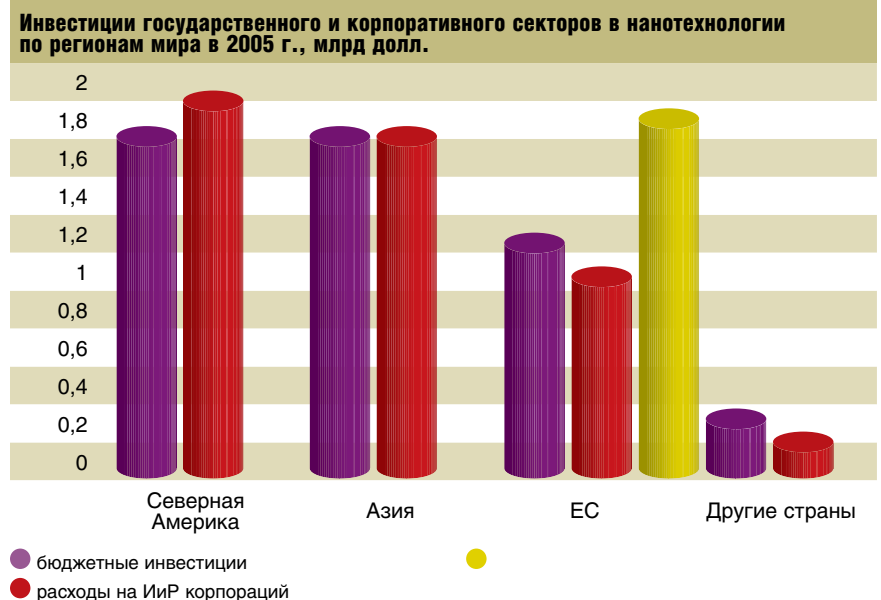


Источник: Jill Jusko Nanotechnology Commercialization Efforts Continue, 2006 Nanotech Report — 4, Lux Research.

мировой рынок. Главными целями данной инициативы являются: осуществление исследований и разработок на мировом уровне; ускорение трансферта технологий; развитие образовательных ресурсов и подготовка квалифицированных кадров; поддержка исследовательской инфраструктуры. Одиннадцать федеральных министерств и агентств финансируют НИОКР в рамках NNI, а всего в ней принимает участие двадцать два государственных ведомства. Все проекты в рамках NNI финансируются через те фе-

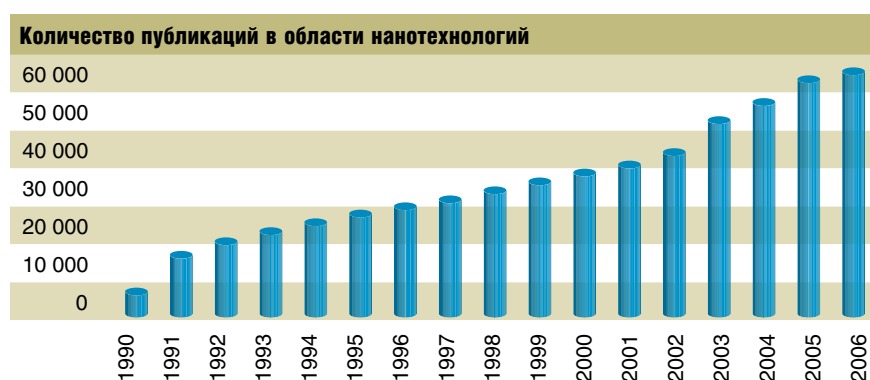
деральные министерства и агентства, которые участвуют в ее реализации, т.е. программа является межведомственной. Около 65% расходов в рамках NNI в настоящее время — это поддержка фундаментальных исследований, однако немалое внимание уделяется и партнерству между академическим сектором и частными компаниями, с тем, чтобы стимулировать софинансирование НИОКР корпоративным сектором. Кроме того, поощрение партнерства важно для обеспечения трансферта технологий и коммерциализации НИОКР. Самые большие

Рисунок 2



Источники: Nanotechnology: Where Does U.S. Stand, 2005; Thomas Heinze Emergence of Nano S&T in Germany, April 2006, memo.

Рисунок 3



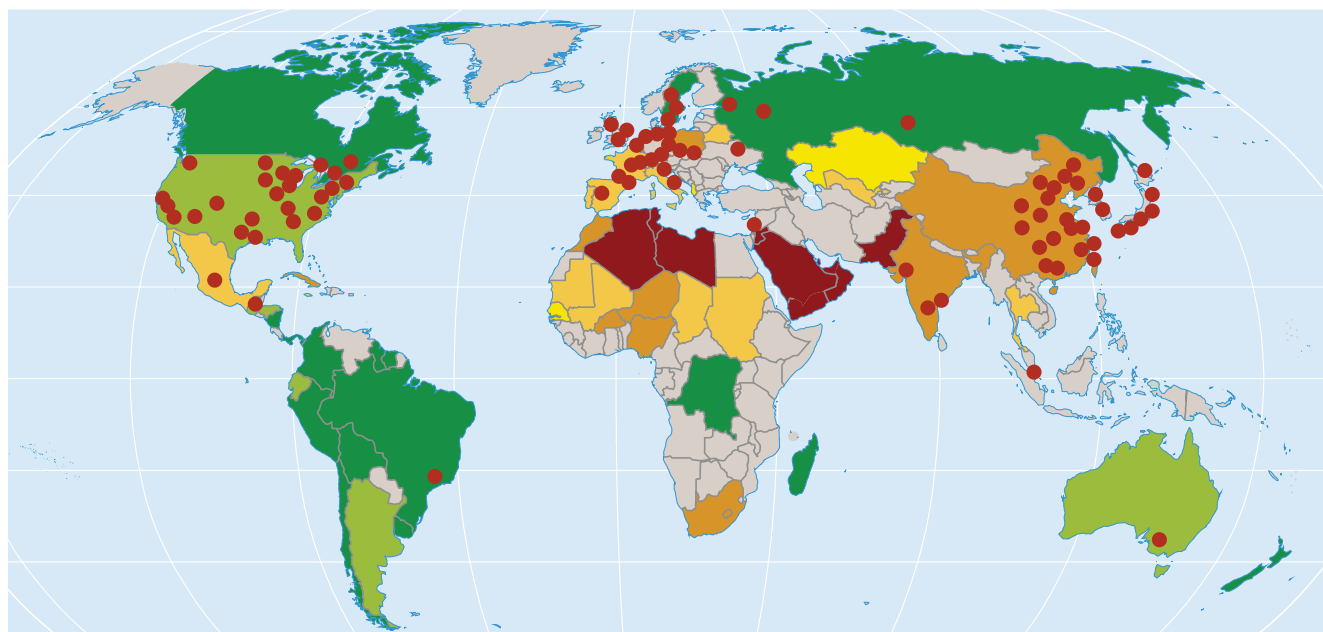
Источник: Web of Science — Science Citation Index.

Рисунок 4



Источник: Lux Research, 2006.

Рисунок 5



Источник: Web of Science — Science Citation Index.

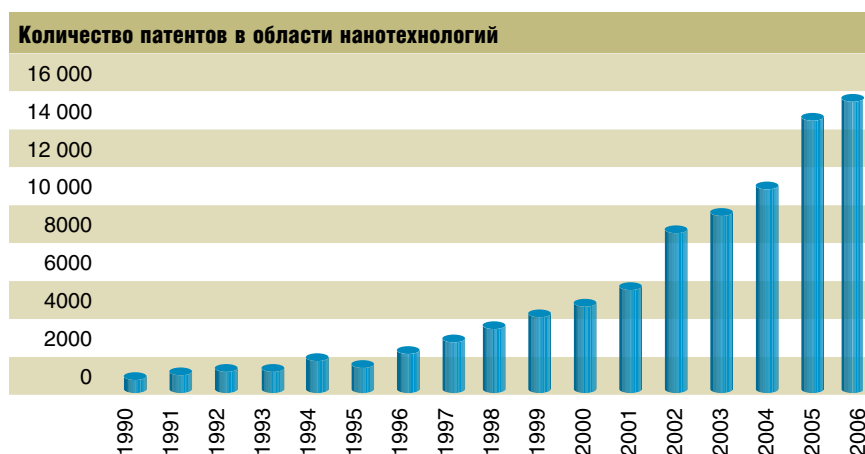
средства на развитие нанотехнологий выделяются тремя ведомствами: Национальным научным фондом США, министерством обороны и министерством энергетики. Национальный научный фонд финансирует на конкурсной основе проекты фундаментальных исследований, а также инвестирует в развитие научной инфраструктуры. Важную роль в поддержке инфраструктуры играет также министерство энергетики. Следует отметить, что развитию инфраструктуры придается особое значение, поскольку стоимость научного оборудования для проведения ИиР в области нанотехнологий превышает финансовые возможности малого бизнеса и государственных организаций.

США наращивают бюджетные инвестиции в нанотехнологии на протяжении последних десяти лет; правительство США в 1997 г. вложило в развитие нанотехнологий 116 млн долл., а в 2007 г. — 1,3 млрд долл., т.е. бюджетные ассигнования увеличились более чем в 10 раз. Кроме того, в 2006 г. 50 штатов инвестировали в нанотехнологии 400 млн долл. (см. рис. 7).

По данным офиса по научной и технологической политике США, в относительных показателях, в частности по показателю бюджетных ассигнований на нанотехнологии в расчете на душу населения, рассчитанному по паритету покупательной способности, США начали уступать таким странам, как Южная Корея, Япония и Тайвань. США рассматривают этот факт как наступление на свои конкурентные преимущества. Кроме того, в ряде важных nanoобластей США начинают уступать по количеству патентов, выданных патентным офисом Соединенных Штатов. Например, в феврале 2005 г. США существенно отставали по количеству выданных патентов на разработки в области создания водородных нанотрубок (см. рис. 8). Офис по научной и технологической политике США также обеспокоен тем, что система образования готовит недостаточно специалистов и кандидатов наук для nanoиндустрии. Более того, поскольку экономика Китая, Индии и Южной Кореи развивается динамично, то снижаются шансы США заполучить иностранных выпускников американских вузов. В 2004–2006 гг. университеты США готовили около 10 000 студентов для nanoиндустрии; 60 университетов было оснащено специализированным оборудованием для проведения nanoисследований. По данным Lux Research, 85% американских nanoкорпораций имеют тесные связи с университетами.

США занимают лидирующие позиции и на мировом нанорынке. В 2006 г. на мировом рынке работало около 1500 start-up, около половины этих компаний являются американскими, около 56% венчурных инвестиций в стартовые компании также американского происхождения. Более всего американских nanoкомпаний сконцентрировано в области биомедицины (около 30%), на втором месте находятся такие направления, как наноматериалы и

Рисунок 6



Источник: Georgia Tech TPAC / CNS-ASU patent analysis.

Рисунок 7



металлургия и полупроводники (приблизительно по 15%), на третьем — химическая промышленность, потребительские товары и энергетика (приблизительно по 7–9%), и последнее место занимают космонавтика, производство компьютеров и электроника (см. рис. 9).

Страны ЕС вместе с Японией являются основным конкурентом США в этой области науки и технологий. В ЕС нанотехнологии финансируются как из средств Европейской комиссии, так и из бюджетов отдельных государств, причем специальные программы, инициативы, сети создаются также на различных уровнях. На рис. 10 показаны бюджетные

инвестиции в нанотехнологии в некоторых странах — членах ЕС. Как видно из этого рисунка, страны ЕС поляризованы как в части объема бюджетных вливаний в нанотехнологии, так и в части приоритетности этой области науки и технологий, занимаемой ниши рынка. Безусловными лидерами как в ЕС, так и на мировом рынке, являются Германия, Франция и Великобритания. Европейский союз, так же как и США, увеличивает бюджетные инвестиции в нанотехнологии. В V Рамочной программе на нанотехнологии выделялось ежегодно около 50 млн долл. США. В VI Рамочной программе ассигнования на нанотехнологии утратились и были выделены отдельной

Рисунок 8

Количество патентов, выданных патентным агентством США в феврале 2005 г. в области водородных нанотрубок

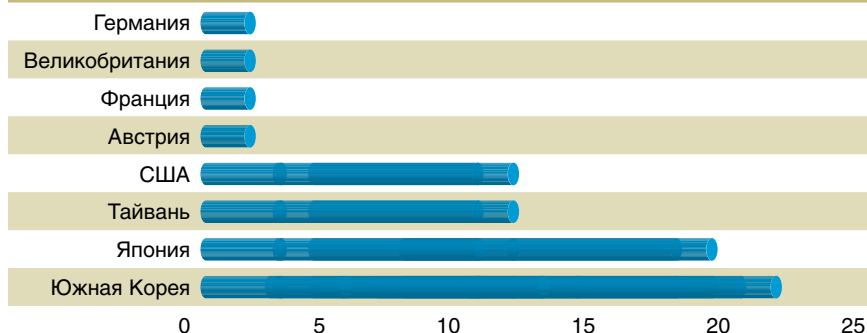
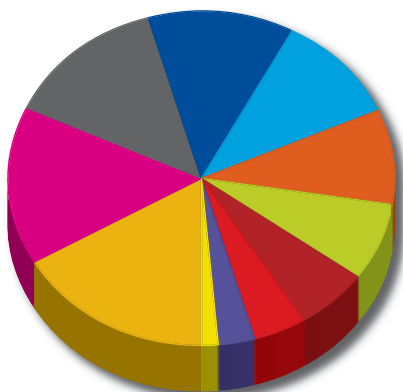


Рисунок 9

Количество американских компаний на рынке товаров и услуг, 2005 г.



Источник: Lux Research, 2006.

статьей. В VII Рамочной программе Европейская комиссия планирует инвестировать в «нано» около 3500 млн евро, т.е. ежегодно около 870 млн евро; инвестиции в «нано» увеличатся в 2,7 раза. Следует отметить, что бюджет VII Рамочной программы по энергетике составляет 2400 млн евро, т.е. почти в 1,5 раза меньше бюджета нанотехнологий.

Осознавая важность нанотехнологий для обеспечения конкурентоспособности и безопасности в Европе, Европейская комиссия инициировала разработку «Европейской стратегии развития нанотехнологий». 12 мая 2004 г. Комиссией был одобрен документ Towards a European Strategy for Nanotechnology, в котором были поставлены на повестку дня следующие ключевые проблемы:

- увеличение инвестиций в ИиР и улучшение координации ИиР, проводимых странами — членами ЕС, с целью обеспечения превосходства и конкурентоспособности;
- создание научной инфраструктуры мирового уровня (полусов превосходства), которая учитывала бы потребности и научных организаций, и промышленности;
- поддержка междисциплинарности при подготовке кадров;
- формирование преференций для промышленных наноинноваций;
- разработка и реализация мер для обеспечения безопасности потребителей нанопродукции и нанослужб и экологической безопасности.

Совет по конкурентоспособности ЕС, принимая за основу зада-

чи и стратегические направления, сформулированные в «Европейской стратегии развития нанотехнологий», разработал план действий, который был одобрен в 2005 г. и издан под названием Nanoscience and Nanotechnology: An Action Plan for Europe 2005–2009. В этом плане разграничены меры, принимаемые и реализуемые Европейской комиссией и адресованные странам — членам ЕС. В части поддержки ИиР в плане действий предусмотрено удвоение расходов на нанотехнологии в VII Рамочной программе, разработка специальных мер с целью развития наноэлектроники и создания Европейской технологической платформы в наноэлектронике, а также ряд мер для усиления Европейской технологической платформы в наномедицине и, наконец, поддержка кооперированных ИиР для выявления возможного отрицательного влияния нанотехнологий на окружающую среду и здоровье человека.

По направлению «Развитие инфраструктуры» предусмотрено картирование существующей инфраструктуры, особое внимание предполагается уделить развитию промышленной инфраструктуры и инфраструктуры для поддержки малых и средних предприятий. Акценты будут сделаны на формировании сетей и полюсов превосходства. Для создания человеческого капитала планируется обеспечить распространение лучшей практики в области подготовки кадров для нанонауки и nanoиндустрии, поддерживать программы по подготовке кандидатов и докторов наук, а также учредить специальную междисциплинарную европейскую награду в области нанонауки и нанотехнологий.

Для поддержки промышленных инноваций предполагается уделить специальное внимание исследованию рыночных, социальных, политических, психологических барьеров, препятствующих

щих освоению нанотехнологий и развитию нанорынка, укреплению партнерства государства и частного сектора. Особое внимание будет уделено малым предприятиям на стартовой стадии. Предполагается создать интернет-библиотеку, где будет собрана информация о публикациях, патентах, исследовательских проектах, организациях и нанорынках. Наконец, для поддержки промышленных инноваций предусматривается создание системы мониторинга патентов и приведение европейской практики патентования в соответствие с практикой патентования нанотехнологий в США.

Краткий анализ двух этих документов, разработанных и одобренных Европейской комиссией, говорит о том, что ЕС готовится к прорыву в области нанонауки и к усилению конкурентных преимуществ на рынке нанотоваров и нанослуг.

На Азиатском континенте наиболее продвинутыми странами в области нанотехнологий являются Япония, Южная Корея, Тайвань, Китай и Сингапур.

Япония — мировой лидер во многих нанобластях. Здесь нанотехнологии находятся в центре внимания и властных структур, и бизнес-сообщества. В 2003 г. на развитие нанотехнологий из бюджетных источников было выделено 800 млн долл., а в 2005 г. — на 20% больше. В третьем пятилетнем плане развития науки и технологий на период 2006–2010 гг. нанотехнологии рассматриваются как один из ключевых приоритетов. Отличительной его особенностью является смещение акцентов в сторону поддержки междисциплинарных и фундаментальных исследований.

В 2005 г. министерство экономики, торговли и промышленности инициировало разработку «Стратегии развития нанотехнологий» и проведение ряда исследований,

Рисунок 10



Источник: Нанотехнологии. Форсайт, под ред. Н.В. Гапоненко. М.: 2006.

ориентированных на выявление слабых и сильных позиций японской промышленности, барьеров, возникающих при коммерциализации нанотехнологий. В Японии и правительственные структуры, и бизнес-сообщество инициируют и финансируют исследования в области перспектив развития нанотехнологий. В рамках Японской инициативы бизнеса в области нанотехнологий (NBICI) в 2003 г. разработана дорожная карта нанотехнологий для бизнеса, которая включает восемь стратегических областей: электроника, катализаторы/материалы, метрология/инструмент, биомедицина, промышленность, авиакосмическая область, энергетика (fuel cells), окружающая среда. Разработка дорожной карты координировалась NBICI, осуществлялась бизнес-сообществом во взаимодействии с правительственными и академическими кругами. В ней были очерчены технологические тенденции, продукция, технологии и механизмы регулирования.

В Южной Корее в 2001 г. была разработана десятилетняя Национальная программа развития нанотехнологий с бюджетом около 2 млрд долл. Она реализуется под эгидой министерства науки и технологий Кореи. В ней поставлена следующая задача: войти в десятку мировых лидеров по ряду на-

нотехнологий, а по некоторым технологиям — в пятерку лидеров. Программа финансируется правительством Кореи и частным сектором, причем из бюджетных средств на ее реализацию предполагается выделить 855 млн долл., а частный сектор должен инвестировать не менее 436 млн долл. Средства программы выделяются на ИиР, на развитие инфраструктуры и на формирование человеческого капитала (см. табл. 1). Основные расходы на финансирование ИиР берут на себя министерство науки и технологий, министерство торговли, промышленности и энергетики. Большая часть средств на развитие инфраструктуры также поступает от этих двух министерств.

История правительственных инициатив Тайваня по поддержке нанотехнологий началась в 1996 г. Национальный совет по науке, министерство экономики и министерство образования разрабатывали и реализовывали ведомственные программы поддержки нанотехнологий, которые ни коим образом между собой не координировались. Этот путь оказался недостаточно эффективным. Чтобы актуализировать ресурсы, объединить усилия правительственных структур, корпоративного сектора и академического сообщества и таким образом обес-

Таблица 1

Источники поступления бюджетных ассигнований на реализацию Корейской национальной программы развития нанотехнологий											
год	Программа	Министерства									Итого
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2002	ИиР	67	-	34	7	2	16	0,1	0,1	11	137
	Инфраструктура	23	-	5	4	-	-	-	-	7	39
	Подготовка кадров	1	6	-	-	-	-	-	-	-	7
	Итого	91	6	39	11	2	16	0,1	0,1	18	183
2003	ИиР	61	-	39	11	1	16	0,1	0,2	16	144
	Инфраструктура	37	-	14	5	-	-	-	-	8	64
	Подготовка кадров	3	7	-	1	-	-	-	-	-	11
	Итого	101	7	53	17	1	16	0,1	0,2	24	219
1. Министерство науки и технологий					5. Министерство здравоохранения и социальной защиты						
2. Министерство образования					6. Министерство по охране окружающей среды						
3. Министерство торговли, промышленности и энергетики					7. Министерство обороны						
4. Министерство информатики и средств связи					8. Министерство сельского хозяйства						
					9. Офис правительства по координации политики						

печать прорыв на мировой рынок, Национальный совет по науке Тайваня инициировал разработку Национальной программы в области нанотехнологий. Программа на период 2003–2008 гг. была одобрена в 2003 г. с общим бюджетом около 633,8 млн долл. США, причем около 60% бюджета используется на развитие промышленного потенциала, а оставшаяся часть на науку и формирование человеческого капитала. Программа включает четыре основных блока: программа академического превосходства, в которой ставится задача поддержки фундаментальных исследований в семи областях; программа индустриализации; развитие инфраструктуры и формирование человеческого капитала. Она является межведомственной и финансируется различными властными структурами (см. табл. 2). По оценкам Института промышленных технологий Тайваня, к 2010 г. объем нанопродукции, произведенной в Тайване, составит 29 млрд долл., или 3% мирового рынка.

В Китае первые национальные инициативы в области развития нанонауки и нанотехнологий относятся к 1980-м гг. Еще в середине 1980-х гг. Академия наук Китая

и Национальный научный фонд в области естественных наук инициировали программу по поддержке ИиР в области нанонауки (1987–1995 гг.), а в 1990 г. министерство науки и технологий Китая одобрило десятилетнюю программу по поддержке ИиР в области наноматериалов, т.е. инициатива вышла на правительственный уровень. Основными структурами, финансирующими нанотехнологии, являются Академия наук Китая, Национальный научный фонд в области естественных наук, министерство науки и технологий и Министерство образования. В 2000 г. был создан Национальный комитет по нанотехнологиям, в задачи которого входит планирование, координация и консультирование напроектов национального уровня. Пятилетняя Национальная программа развития нанотехнологий была разработана в 2001 г.; она имела бюджет в 240 млн долл. Результатом государственных усилий является быстрый рост числа патентов (по этому показателю Китай занимает третью позицию в мире) и увеличение количества компаний, выполняющих ИиР и производящих нанопродукцию и наноуслуги. Всего за один год численность наноконструкций увеличилась в 2,4 раза, почти в 2,5 раза вы-

росло количество компаний, в названии которых есть слово «нанотехнологии», почти в два раза увеличилось количество научных организаций, выполняющих ИиР в области нанотехнологий.

В 2003 г. министерство науки и технологий Китая поставило следующие стратегические цели, которые должны быть достигнуты до 2010 г.:

- фокусирование ИиР в таких областях, как наноэлектроника, нано-био, наномедицина, наноматериалы. Расширение и укрепление сетей научных организаций. Создание секторальной инновационной системы в области нанотехнологий;
- преодоление критических технологических барьеров в следующих областях, важных для коммерческого использования нанонауки: наноматериалы, микрокомпьютеры и информационные системы, окружающая среда и источники энергии, биология и сельское хозяйство, космические проекты и авиация, национальная оборона, медицина;
- аккумуляция усилий экспертов из различных областей с тем, чтобы превратить нанотехнологии в основу китайской промышленности.

Китайское правительство так же, как правительство США, считает, что обороноспособность страны в значительной степени будет предопределяться развитием нанотехнологий, поэтому значительная часть государственных ИиР ориентирована на использование в военном комплексе; однако правительство Китая разработало стратегию создания технологий двойного назначения.

Страны Латинской Америки существенно отстают в этой области науки и технологий от США, ЕС и стран Азиатско-Тихоокеанского региона. Осознавая важность нанотехнологий как основы технологического развития в XXI в., они начали предпринимать конкретные шаги для аккумуляции ресурсов государственного сектора и корпораций с целью формирования и развития научного потенциала, кооперируясь при этом с более продвинутыми странами, прежде всего с США.

Правительство Бразилии в 2001 г. включило нанотехнологии в число национальных приоритетов. Правительственные инициативы в значительной степени были ориентированы на создание исследовательских сетей и развитие информационного ресурса. В результате этих усилий начали действовать четы-

ре исследовательские сети, получающие финансовую поддержку от министерства науки и технологий. Было создано два виртуальных института в области нанотехнологий. В 2004 г. общие бюджетные ассигнования на нанотехнологии составили 7 млн долл. Осознавая важность нанотехнологий для развития страны, правительство Бразилии в 2004 г. разработало Национальную программу развития нанотехнологий. В рамках этой программы в 2005–2006 гг. правительство инвестировало в нанотехнологии 30 млн долл., т.е. бюджетные ассигнования на нанонауку в годовом исчислении по сравнению с 2004 г. увеличились более чем в 2 раза. В реализации программы приняли участие пять национальных исследовательских институтов и около 70 государственных и частных университетов. Бюджетные ассигнования выделялись в основном на финансирование фундаментальных исследований и сетей. Кроме поддержки из федерального бюджета бразильская нанонаука получает финансовую поддержку от Всемирного банка в рамках пятнадцати Миллениум-центров. Один из центров работает непосредственно в сфере нанотехнологий, а Центр микроэлектроники и Центр материаловедения наряду с другими проектами выполняют ИиР в области нанотехнологий.

В Аргентине была разработана Стратегия развития нанотехнологий на период до 2015 г., в июне 2005 г. представленная Комиссии по технологиям Аргентинского конгресса. Аргентинское правительство планирует инвестировать в развитие нанотехнологий 10 млн долл. Бюджетные ассигнования распределяются через Аргентинский фонд нанотехнологий, который был учрежден в 2005 г. указом президента Аргентины. На третий год реализации стратегии предполагается выделить 1,7 млн долл. и начать производство и коммерциализацию НИОКР в США. Для этих целей подписано соглашение с компанией Lucent Technology.

В Мексике 13 научных центров и лабораторий проводят исследования и разработки в области нанотехнологий. В 2003 г. Национальный совет по науке и технологиям выделил 12,5 млн долл. на 62 проекта. Кроме того, мексиканское правительство совместно с частным сектором приняло решение о выделении 18 млн долл. на создание национальной нанолаборатории в Национальном институте астрофизики, оптики и электроники. Создание лаборатории финансировалось национальным советом по науке и технологиям, другими федеральными властными структурами и компанией Motorola.

Таблица 2

Распределение бюджетных ресурсов на Национальную программу развития нанотехнологий Тайваня по министерствам и ведомствам, млн долл.							
Организации	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Всего
Департамент промышленных технологий	54,57	66,91	74,26	77,50	83,24	89,06	445,54
Бюро по развитию промышленности	0,58	0,74	2,06	2,94	3,53	4,24	14,08
Комиссия по энергетике	0,88	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	6,76
Бюро по стандартам и метрологии	0,91	1,21	1,33	1,46	1,61	1,77	8,29
Национальный совет по науке	18,04	20,00	20,88	22,35	22,35	24,06	127,69
Министерство образования	0,64	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	8,00
Совет по атомной энергетике	0,58	1,18	1,76	1,76	1,76	1,94	8,99
Департамент по охране окружающей среды	0,19	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	1,36
Департамент здравоохранения	-	1,32	1,59	1,91	2,29	2,74	9,85
Офис Программы	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	3,18
Всего	76,91	94,77	105,30	111,34	118,19	127,22	633,75

В Африке и на Ближнем Востоке наиболее продвинутой страной в области нанотехнологий является Израиль. В 2001 г. в Израиле министерством торговли и промышленности и Академией наук была разработана Национальная инициатива развития нанотехнологий. Для этих целей был создан комитет, под эгидой которого были исследованы возможности развития нанонауки и освоения НИОКР реальным сектором экономики. В Национальной инициативе сформулированы две ключевые цели: создание национальной промышленности, которая базировалась бы на нанотехнологиях (это рассматривается как основа экономического роста); формирование долгосрочной программы развития нанонауки и создание научной инфраструктуры, соответствующей мировому уровню. За 2001–2005 гг. бюджетные ассигнования на нанотехнологии составили 45 млн долл. Они были направлены главным образом на создание центров и оснащение их первоклассным оборудованием. При университетах было создано шесть центров для проведения ИиР.

В Южной Африке Программа развития нанотехнологий стартовала в 2003 г. В ней была поставлена задача объединения усилий различных организаций для сосредоточения на тех областях, где Южная Африка имеет преимущества. Стартовый бюджет программы составил 1,3 млн долл. Общие расходы на нанонауку в Южной Африке оцениваются в 3 млн долл. В настоящее время в выполнение программы вовлечены 11 университетов, 5 научно-исследовательских организаций и 10 частных компаний.

Таким образом, в начале XXI в. важность нанотехнологий была осознана и технологически развитыми, и развивающимися странами. Еще в 1990-е гг. ИиР проводились децентрализованно, как правило, лишь немногие страны координировали ИиР (Китай, Германия, Великобритания, Фран-

ция, США, Япония), и только в отдельных областях нанонауки. Характерной особенностью последних лет является рост расходов на ИиР во всех развитых и развивающихся странах и централизация управления ИиР, координация как ИиР, так и механизмов государственной поддержки нанотехнологий всеми структурами власти.

Для концентрации ресурсов и интеллектуального потенциала на приоритетах и для реализации скоординированных мер около 35 стран разработали национальные программы развития нанотехнологий. Как показал наш анализ, это стратегические документы, в которых правительства ставят задачу выхода на лидирующие позиции в мире в отдельных областях нанонауки и завоевания конкурентных преимуществ в отдельных нишах мирового рынка. Такого рода цели ставят не только страны, имеющие достаточно сильный научный потенциал в этой области (США, Япония, Германия, Великобритания, Китай, Франция), но и страны, где научный потенциал достаточно скромный и национальные программы фактически нацелены на его формирование (Тайвань, Сингапур, Индия, ЮАР, Бразилия, Аргентина, Мексика). Это обусловлено пониманием того, что нанотехнологии являются базисными технологиями XXI в.

Отличительной особенностью всех национальных программ развития нанотехнологий является то, что развитие инфраструктуры выделяется в них отдельным блоком. Все страны создают специальные междисциплинарные центры нанотехнологий и выделяют на это значительные бюджетные ассигнования. Многие страны учреждают центры коллективного пользования, в которых научное оборудование будет предоставляться для проведения ИиР различным научным организациям. Это объясняется высокими ценами на первоклассное научное оборудование и необходи-

мостью оснащения научных организаций именно первоклассным научным оборудованием.

Второй особенностью всех национальных программ является выделение проблемы формирования человеческого капитала в качестве приоритетной. Следует отметить, что меры, которые закладывают и технологически развитые, и развивающиеся страны, практически идентичны: формирование кадрового потенциала для проведения междисциплинарных исследований; повышение статуса нанонауки (Китай для этих целей планирует выделение нанотехнологий в качестве отдельной дисциплины для присуждения научных степеней, ЕС — учреждение специальной награды); создание специальных междисциплинарных курсов, проведение конференций, летних школ и т.д.; привлечение талантливых ученых из других стран. Особое внимание к формированию человеческого капитала обусловлено тем, что это область междисциплинарная и быстро развивающаяся, кроме того, уже сегодня ощущается недостаток квалифицированных кадров, а сами программы подготовки кадров еще находятся на начальном этапе разработки.

Третьей особенностью всех национальных программ является то, что они разработаны в партнерстве с частным сектором, хотя в разных странах вклад частного сектора различен. В США и Японии инициатива разработки подобных программ в значительной степени исходит от частного сектора. В Китае, напротив, главным «идеологом» являются правительственные структуры. Партнерство с частным сектором обусловлено, прежде всего, необходимостью быстрой коммерциализации ИиР и ориентации ИиР на потребности реального сектора экономики. Многие страны также включили в процесс разработки национальных программ неправительственные организации, т.е. потребителей инноваций (Япо-

ния, США, страны ЕС). В большинстве стран как для обеспечения диалога между субъектами политики, так и для формирования приоритетов использовалась технология Форсайта, т.е. комбинировались две технологии Форсайта: Форсайт-процесс и Форсайт-результат.

Еще одной особенностью национальных программ является включение в качестве отдельной задачи изучения последствий использования нанопродукции и нанослужб, определение возможного отрицательного воздействия на здоровье человека и экологию, а также исследование проблемы формирования положительного отношения потребителей к нанотехнологиям.

Наконец, практически во всех национальных программах сформированы направления международного сотрудничества. Ряд программ ограничивается формированием областей для совместных проектов. Наиболее продвинутые программы включают проблему исследования возможного отрицательного влияния нанотехнологий на окружающую среду и здоровье человека силами международного научного сообщества, а также проведение сканирования и мониторинга широкого круга проблем.

Безусловно, национальные программы имеют и свои особенности. Так, в США и Китае большое значение придается развитию нанотехнологий для обеспечения оборонной безопасности и проводится политика разработки технологий двойного назначения. Европейская комиссия поставила на повестку дня задачу формирования единого нанопространства стран — членов ЕС, разрабатывает механизмы координации усилий и кооперирования стран — членов ЕС, начала уделять особое внимание поддержке спин-оффс компаний. Страны Латинской Америки разрабатывают свои программы в партнерстве с корпоративным

сектором США. Страны Азиатско-Тихоокеанского региона в значительной степени ориентируются на поддержку нанoeлектроники.

Что Россия может извлечь из опыта разных стран мира? В 2006 г. в РФ также приступили к разработке национальной программы развития нанотехнологий, а в 2007 г. началась ее реализация, поэтому подходы, использованные другими странами, имеют важное значение и требуют критического осмысления. Нанотехнологии открывают новые возможности для повышения конкурентоспособности национальной экономики, для решения ряда социальных и экологических проблем. На сегодняшний день основу для их развития формирует научный потенциал, система образования и человеческий капитал. Россия располагает всеми тремя компонентами. Последние решения Президента В.В. Путина создают финансовую основу для рывка в этой области и выхода на лидирующие позиции. Мощная бюджетная поддержка, которую в РФ получают на-



нотехнологии, превзойдет финансовые вливания в эту отрасль государственного и корпоративного секторов США вместе взятых. Новые широкие возможности формируют и новые вызовы к этой области науки и технологий, к системе управления, научному сообществу и корпоративному сектору. Прежде всего речь идет об эффективности использования бюджетных ассигнований, о грамотном их распределении по стадиям инновационного цикла, по технологическим приоритетам, о формировании партнерства между государством и частным сектором в широком контексте и о создании сбалансированной, адаптивной и динамичной секторальной инновационной системы в области нанотехнологий. ■

ПЭС 7184/20.09.2007

Литература

1. Nanotechnology — a Key Technology for Europe, EC. July, 2005.
2. The US Nanotechnology Environment — Where is the business? Swiss Business Hub USA, Chicago, 2003.
3. Elvio Mantovani, Report to the International Conference Nanoroadmap, Rome, November, 2004.
4. Wall Street Journal, 2004.
5. Towards a European Strategy for Nanotechnology, Commission of the European Communities, Brussels, 2004.
6. Nanoscience and Nanotechnology: An Action Plan for Europe 2005–2009, Commission of the European Communities, Brussels, 2005.
7. Jo-Won Lee Overview of Nanotechnology in Korea, TDN, May, 2005.
8. Chung-Yuan Mou Nanotechnology program in Taiwan, facts, 2003.
9. Xing Zhu Nanotech in China and National Nanocenter, National Center for Nanoscience and Technology, China, 2005.
10. National Program for the Development of Nanoscience and Nanotechnology, Ministry of Science and Technology, Brazil.
11. Jorge TEZON National Program in Argentina, CONICET, 2005.
12. Israel National Nanotechnology Initiative, 2004.