

Современное состояние сферы

НАНО
ТЕХНОЛОГИЙАНАЛИЗ
ПАТЕНТОВ

М. Игами, Т. Оказаки

В последние годы нанотехнологии и нанонаука получили широкое признание. Ожидается, что особые свойства материалов, проявляющиеся на нанометровом уровне, существенно изменят широкий спектр технологий. Благодаря своему практическому потенциалу нанотехнологии и нанонаука считаются одним из самых многообещающих направлений, и их эффект в социальной и экономической сферах должен быть весьма значительным. Вслед за принятием Национальной нанотехнологической инициативы (ННИ) в США в 2000 г. в ряде стран стартовали новые программы, а научным исследованиям в этой области придан приоритетный статус.

Сегодня ведутся активные работы по уяснению природы нанотехнологии¹. Среди них выделяются разработки методов количественной оценки уровня развития нанотехнологий, что даст возможность составить более четкое представление об их масштабах, темпах развития и социально-экономическом эффекте. В данной статье делается попытка выявить текущие тенденции в области изобретательской деятельности на основе анализа патентов на нанотехнологии. Авторы попытались ответить на следующие вопросы:

- Чем нанотехнологии отличаются от других, обычных технологий? (В частности, в отношении широты

* См.: [Glänzel et al., 2003; Heinze, 2004; Huang et al., 2004; Meyer, 2006a; Meyer, 2006b; Scheu et al., 2006; Zucker et al., 2006].

охвата, областей практического применения и международного сотрудничества)

- Какие страны наиболее сильны в сфере нанотехнологий? (Доли стран в общем числе патентных заявок)
- Каковы взаимосвязи между научными исследованиями и изобретательством в области нанотехнологий? (Измерение цитируемости непатентной литературы)
- Как быстро развиваются нанотехнологии? (Оценка временного лага между последовательными изобретениями).

В ходе недавнего исследования научных публикаций путем анализа совместного цитирования было выявлено примерно 30 направлений, связанных с нанонаукой и материалами, и продемонстрирован их междисциплинарный характер [Igami, Saka, 2007]. Картирование научных исследований по итогам изучения совместного цитирования позволило выявить очевидные предпосылки появления нанобионауки и отразить ее эволюционную природу. Оценка индексов специализации стран показала активизацию роли Китая в сфере нанонауки и наноматериалов.

Однако изучение научных публикаций само по себе недостаточно для понимания социально-экономических эффектов научных открытий. Анализ патентов представляется полезной методологией для исследования непрерывных потоков знаний из науки в сферу технологий. Собственно говоря, патенты являются прямым и достаточно легко измеримым результатом исследований и разработок и иных форм изобретательской деятельности.

На протяжении десятилетий предпринимались многочисленные попытки описать структуру и эволюцию науки и технологий [Garfield et al., 1964; Small, Sweeney, 1985a; Small et al., 1985b]. Достигнутый в последнее время беспрецедентный прогресс в обеспечении доступа к информации о научных публикациях и патентах и методах ее использования открывает для этого совершенно новые, инновационные возможности. Так, анализ цитирования патентов дает интересные сведения о характеристиках нанотехнологий².

Отслеживая патентное цитирование, можно выявить закономерности и последовательность в разработке технологий [von Wartburg et al., 2005]. Цитирование известных технических решений в патентных заявках на нанотехнологии (т.е. обратное цитирование) отражает влияние предшествующих изобретений на новые патентные заявки. Доля непатентной литературы в обратном цитировании позволяет оценить уровень связей между научной и изобретательской деятельностью [Narin et al., 1997; Harhoff 2003; Meyer, 2006a]. В литературе изучался также обмен знаниями между изобретателями и географическими регионами [Jaffe, Trajtenberg, 1998; Jaffe et al., 2000].

Временные лаги между патентными заявками на нанотехнологии и цитируемыми более ранними техническими разработками показывают технологические траектории и зависимости, влияющие на изобретательскую деятельность. Внезапные изменения таких лагов свидетельствуют о наличии технологических прорывов или о сдвигах в тенденциях развития тех-

нологии. Уровень цитирования патентных заявок на нанотехнологии в других патентных заявках (т.е. прямое цитирование) считается индикатором экономической или технологической ценности таких патентов [Lanjouw, Schankerman, 1999; Harhoff et al., 1999; 2003; Henderson et al., 1998; Jaffe et al., 2000].

Определение и измерение уровня развития нанотехнологий

Определение нанотехнологии

Единого определения нанотехнологии пока еще не существует. История свидетельствует, что некоторые ученые предвидели возможность продвижения науки и технологий на нанометровый уровень еще в конце 1950-х гг. Известный физик Ричард Фейнман говорил о возможности конструирования устройств из отдельных атомов в своей знаменитой лекции 1959 г. [Feynman, 1959]. Риго Кубо, прославившийся работами в области статистической физики и неравновесной статистической механики, указывал на любопытные свойства металлических частиц в нанометровом диапазоне [Kubo, 1962]. Потребовалось немало времени, чтобы эти ранние предвидения стали реальностью – главным образом из-за отсутствия адекватных измерительных и производственных технологий. Последующие научные и технологические прорывы – появление квантовых проводов и точек, изобретение сканирующей туннельной микроскопии [Binnig et al., 1982] и атомно-силовой микроскопии [Binnig et al., 1986], открытие фуллеренов [Kroto et al., 1985] и углеродных нанотрубок [Iijima, 1991] – способствовали возникновению науки и технологий нанометрового уровня.

Поворотным пунктом научно-технической политики в области нанотехнологии стало принятие в США ННИ в 2000 г. С тех пор наиболее развитые страны реализуют различные нанотехнологические инициативы. В табл. 1 приведены определения нанотехнологии, использованные в ННИ, в 7-й Рамочной программе Европейского Союза и во Втором базовом плане научно-технологического развития Японии. Хотя эти определения и отличаются друг от друга, у них есть общие черты: 1) указание на нанометровый масштаб; 2) уникальность и специфичность феноменов, наблюдаемых на нанометровом уровне; 3) потенциальные возможности использования в широком спектре научно-технических областей. Во всех случаях также отмечается, что к нанотехнологии относятся как феномены, наблюдаемые на нанометровом уровне, так и аппаратура, необходимая для измерения этих феноменов и управления ими.

В нашей статье анализируются патентные заявки на нанотехнологии, идентифицированные Европейским патентным ведомством (European Patent Office – ЕРО) [Scheu et al., 2006]. В ЕРО используется следующее определение нанотехнологии:

² С помощью анализа цитирования научной литературы и патентов можно получить самую разнообразную информацию. Подробное сравнение научного и патентного цитирования можно найти в работе [Meyer, 2000].

«Термин «нанотехнология» относится к объектам, контролируемый геометрический размер которых по крайней мере на один функциональный компонент ниже 100 нм в одном или нескольких измерениях, способным производить физический, химический или биологический эффект, присущий такому размеру. Сюда относятся также оборудование и методы контролируемого анализа, манипулирования, обработки, изготовления или измерения с точностью выше 100 нм.»

Такой подход не противоречит другим существующим определениям. Он описывает размерность, присутствующие ей свойства, связь с широким спектром технологий и включает оборудование и методы. Кроме того, в данном определении упоминаются различные измерения. В других определениях этот момент не учитывается, но это не имеет принципиального значения. Хорошо известно, что пространственное ограничение электронов и атомов по одному или двум измерениям (как, например, в квантовых проводках или углеродных нанотрубках) вполне достаточно для того, чтобы наблюдать необычные и характерные феномены на нанометровом уровне.

Европейские патенты на нанотехнологии

Учитывая растущий интерес к патентованию нанотехнологий, три крупнейших патентных ведомства – Ведомство по патентам и товарным знакам США (US Patent and Trademark Office – USPTO), ЕРО и Патентное ведомство Японии (Japan Patent Office – JPO), предприняли интенсивные усилия по совершенствованию своих классификационных систем и объединили

все имеющие отношение к нанотехнологии патенты в единый класс. В USPTO выделен класс 977, при этом все упоминаемые патенты снабжены перекрестными ссылками; ЕРО ввело класс Y01N, а JPO – ZNM.

Идентификация патентов на нанотехнологии – трудоемкая процедура. В ЕРО в 2003 г. была создана Рабочая группа по нанотехнологии (Nanotechnology working group – NTWG) [Scheu et al., 2006]. Сначала она занялась выработкой определения нанотехнологии, на основании которого можно было бы отслеживать тенденции в патентовании. Затем NTWG выявила все патенты на нанотехнологии путем поиска по ключевым словам при участии экспертов ЕРО и внешних консультантов. Были проанализированы патентные заявки из 15 стран и организаций³. В результате к классу Y01N было отнесено примерно 90 тыс. патентов и непатентных документов из 20 млн.

Патенты маркировались как относящиеся к классу Y01N на основании оценки многочисленными экспертами, специалистами по различным техническим областям. В итоге получилась вполне надежная классификация патентных заявок на нанотехнологии, хотя некоторые исследователи указывают на определенные ограничения [Scheu et al., 2006]. Маркирование осуществлялось экспертами субъективно, так что, возможно, некоторые нанотехнологические патенты были пропущены. Кроме того, такая маркировка не годится для учета новых зарождающихся технологий, которые пока не получили широкого признания.

База данных патентного цитирования OECD/EPO

Среди патентных заявок на нанотехнологии, опубликованных различными патентными ведомствами, особенно тщательно анализировались заявки, поданные в ЕРО напрямую или в рамках Договора о патентной ко-

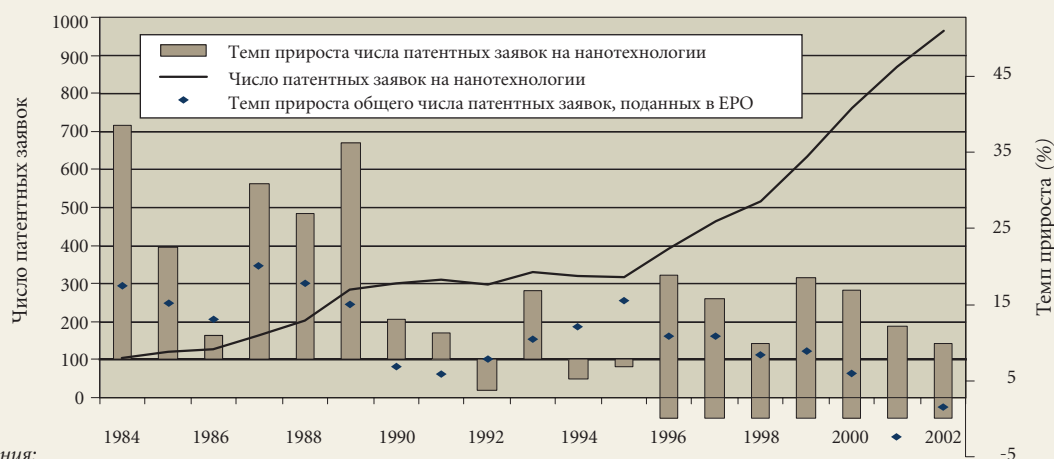
Табл. 1. **Некоторые определения нанотехнологии**

Источник	Определение
Национальная нанотехнологическая инициатива (2001-)	Нанотехнология – это понимание и управление материей на уровне примерно от 1 до 100 нанометров, когда уникальные свойства создают возможности для новых применений. Нанотехнология охватывает естественные и технические науки, технологии нанометровой шкалы, включая получение изображений, измерение, моделирование и манипулирование материей на этом уровне
7-я Рамочная Программа (2007-2013)	Получение новых знаний о феноменах, свойства которых зависят от взаимодействия и размера; управление свойствами материалов на наноуровне для получения новых возможностей их практического применения; интеграция технологий на наноуровне; способность к сборке; наномоторы; машины и системы; методы и инструменты для описания и манипулирования на наноуровне; химические технологии нанометровой точности для производства базовых материалов и компонентов; эффект в отношении безопасности человека, здравоохранения и охраны окружающей среды; метрология, мониторинг и наблюдение, номенклатура и стандарты; исследование новых концепций и подходов для практического применения в различных отраслях, включая интеграцию и конвергенцию с возникающими технологиями
Второй базовый план научно-технологического развития (2001-2005)	Нанотехнология – междисциплинарная область науки и технологий, включающая информационные технологии, науки об окружающей среде, о жизни, материалах и др. Она служит для управления и использования атомов и молекул размером порядка нанометра ($1 \cdot 10^{-9}$ м), что дает возможность обнаруживать новые функции благодаря уникальным свойствам материалов, проявляющимся на наноуровне. В результате появляется возможность создания технологических инноваций в различных областях

Источники: National Nanotechnology Initiative. <http://www.nano.gov>;
7th Framework Program. <http://cordis.europa.eu/fp7/home.html>;
Science and Technology Basic Plan. <http://www8.cao.go.jp/cstp/english/basic/index.html>.

³ Включая: Африканскую организацию интеллектуальной собственности; Африканскую региональную организацию промышленной собственности; Австрию, Австралию, Бельгию, Канаду, Швейцарию, Германию, ЕРО, Францию, Великобританию, Люксембург, Нидерланды, США и Всемирную организацию интеллектуальной собственности.

Рис.1. Тенденции динамики патентных заявок на нанотехнологии, поданных в ЕРО (напрямую или в рамках РСТ)



Примечания:

- Здесь и далее (за исключением особо оговоренных случаев) в качестве источника информации использовалась патентная база данных ОЭСР (по состоянию на сентябрь 2006 г.), созданная на основе перечня патентов, выбранных ЕРО.
- Патентные заявки подсчитаны по самым ранним датам приоритета; подсчеты дробные.

операции (Patent Cooperation Treaty – РСТ). Для этого использовалась база данных патентного цитирования OECD/EPO [Webb et al., 2005]. Важной отличительной ее чертой является наличие информации о цитировании, что открывает дорогу к применению различных методов анализа, в том числе прямого и обратного цитирования. Подобные методы признаны полезными и эффективными для исследования траекторий технологического развития и влияния соответствующих технологий на последующую изобретательскую деятельность [von Wartburg et al., 2005, и др.]. В упомянутой базе данных также содержатся сведения о цитировании непатентной литературы. Оценка ее удельного веса в цитатах позволяет выявить связи между научными исследованиями и изобретательством. С учетом хронологических рамок базы данных патентного цитирования OECD/EPO анализ охватывает период 1978–2005 гг.

Поскольку наше исследование основано на анализе патентных заявок, поданных в ЕРО, инновационная деятельность неевропейских стран могла оказаться недооцененной – особенно США и азиатских государств. Более того, следует подчеркнуть, что не все изобретения патентуются [Arundel, Kabla, 1998]. Тем не менее оценка уровня защиты, которую неевропейские изобретатели стремятся получить на европейском рынке, помогает изучить используемые ими стратегии в области охраны прав интеллектуальной собственности в сфере нанотехнологий.

Структура и динамика патентных заявок на нанотехнологии, поданных в ЕРО

Удельный вес стран в общем количестве патентных заявок на нанотехнологии

Изобретательская деятельность в сфере нанотехнологий набирает темпы с конца 1990-х гг. На рис. 1 показана

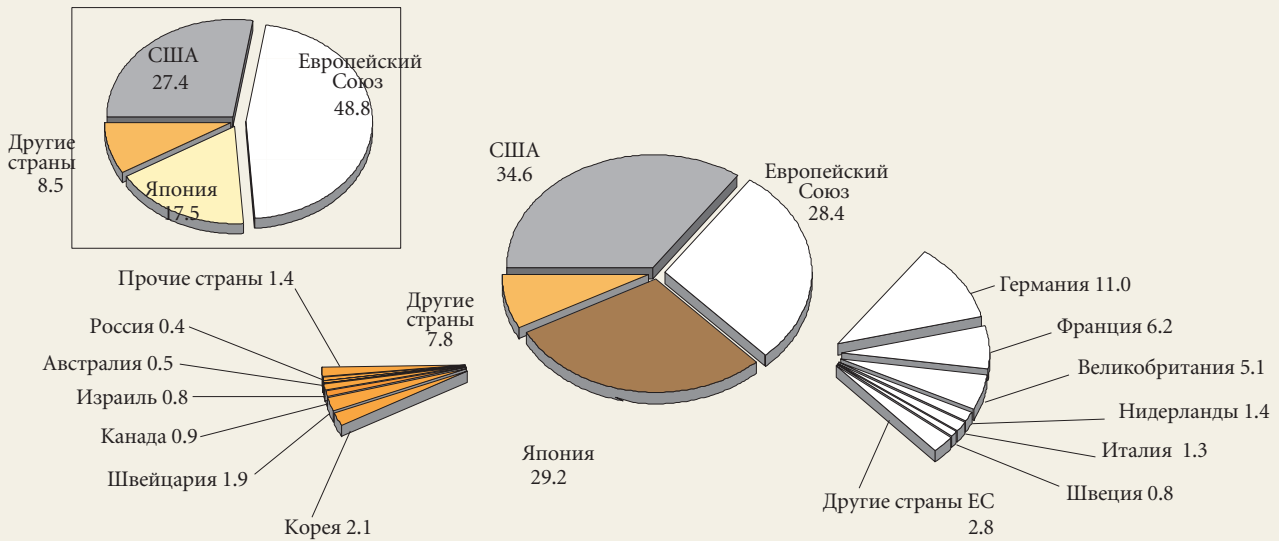
динамика патентных заявок на нанотехнологии, поданных в ЕРО (напрямую или в рамках РСТ) в период с 1984 по 2002 г., в сравнении с темпами роста общего числа патентных заявок. Величина последнего показателя росла с середины 1980-х до начала 1990-х гг. Затем рост замедлился, и до середины 1990-х гг. количество патентных заявок менялось незначительно. Эти тенденции соответствуют динамике всех патентных заявок в ЕРО. Далее, во второй половине 1990-х гг., число заявок снова начало расти, причем особенно быстро – в последние 10 лет. С 1996 г. темпы роста количества патентных заявок на нанотехнологии опережали динамику общего количества патентных заявок, поданных в ЕРО. Среднегодовой темп прироста в 1996–2002 гг. составил примерно 15%. Анализ патентных заявок USPTO также показывает резкий рост числа патентов на нанотехнологии начиная с середины 1990-х гг. [Huang et al., 2004].

Доли США и Японии в патентных заявках на нанотехнологии существенно выше, чем в общем количестве заявок, поданных в ЕРО. На рис. 2 представлена национальная структура патентных заявок на нанотехнологии за период с 1978 по 2005 г. На долю США приходится примерно треть таких заявок, почти вплотную за ними идут Япония и Европейский Союз. В Европе лидерами являются Германия, Франция и Великобритания. Среди других стран самые высокие удельные веса принадлежат Корею, Швейцарии и Канаде.

Сравним распределение патентных заявок на нанотехнологии по странам за периоды 1995–1997 гг. и 2000–2002 гг. (рис. 3), включив сюда не только страны ОЭСР, но также Бразилию, Китай, Тайвань, Индию, Израиль, Сингапур, Южную Африку и Российскую Федерацию. Увеличения потока китайских патентных заявок на нанотехнологии на протяжении этого периода не наблюдалось. В ряде исследований, основанных на анализе научных публикаций, отмечается активизация усилий стран БРИК (Бразилии, России, Индии и Китая), и прежде всего, подчеркивается критически важная роль Китая в развитии нанонауки [Zhou, Leydesdorff, 2006;

Рис. 2. **Распределение патентных заявок на нанотехнологии, поданных в ЕРО, по странам: 1978–2005 (%)**

Общее число заявок в ЕРО



Igami, Saka, 2007]. Похоже, налицо некий временной разрыв между собственно изобретением и созданием и распространением научных знаний в форме научных публикаций.

Что касается динамики патентования ведущими развитыми странами (рис. 4), то в период 1986–1996 гг. среднегодовой темп прироста числа патентных заявок в сфере нанотехнологий, поданных США и Европей-

ским Союзом, составлял 12%. С 1997 г. эта величина возросла в США почти до 18%, а в ЕС – до 19%. Резкий рост показателя для ЕС в значительной степени объясняется существенным увеличением количества заявок из Германии: с примерно 40 в середине 1990-х гг. до более чем сотни в 2001 г.

Число японских патентных заявок на нанотехнологии также стабильно росло до конца 1980-х гг. Затем в

Рис. 3. **Распределение патентных заявок на нанотехнологии, поданных в ЕРО, по странам: 1995–1997 и 2000–2002 (%)**

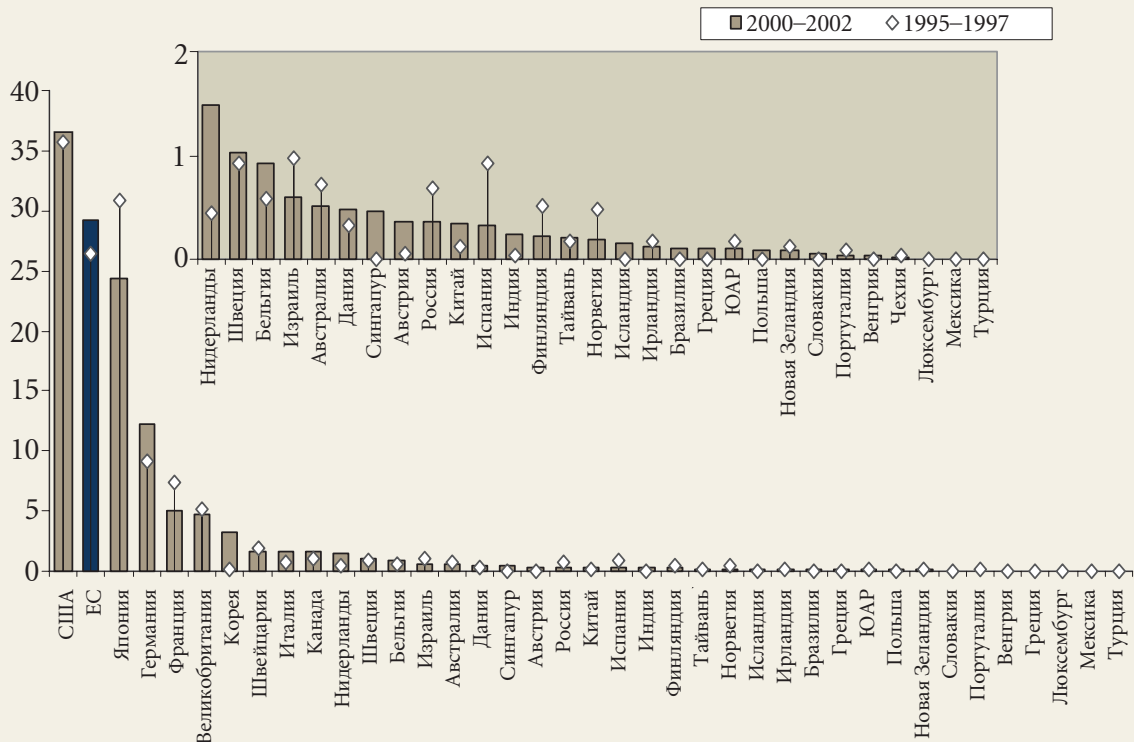
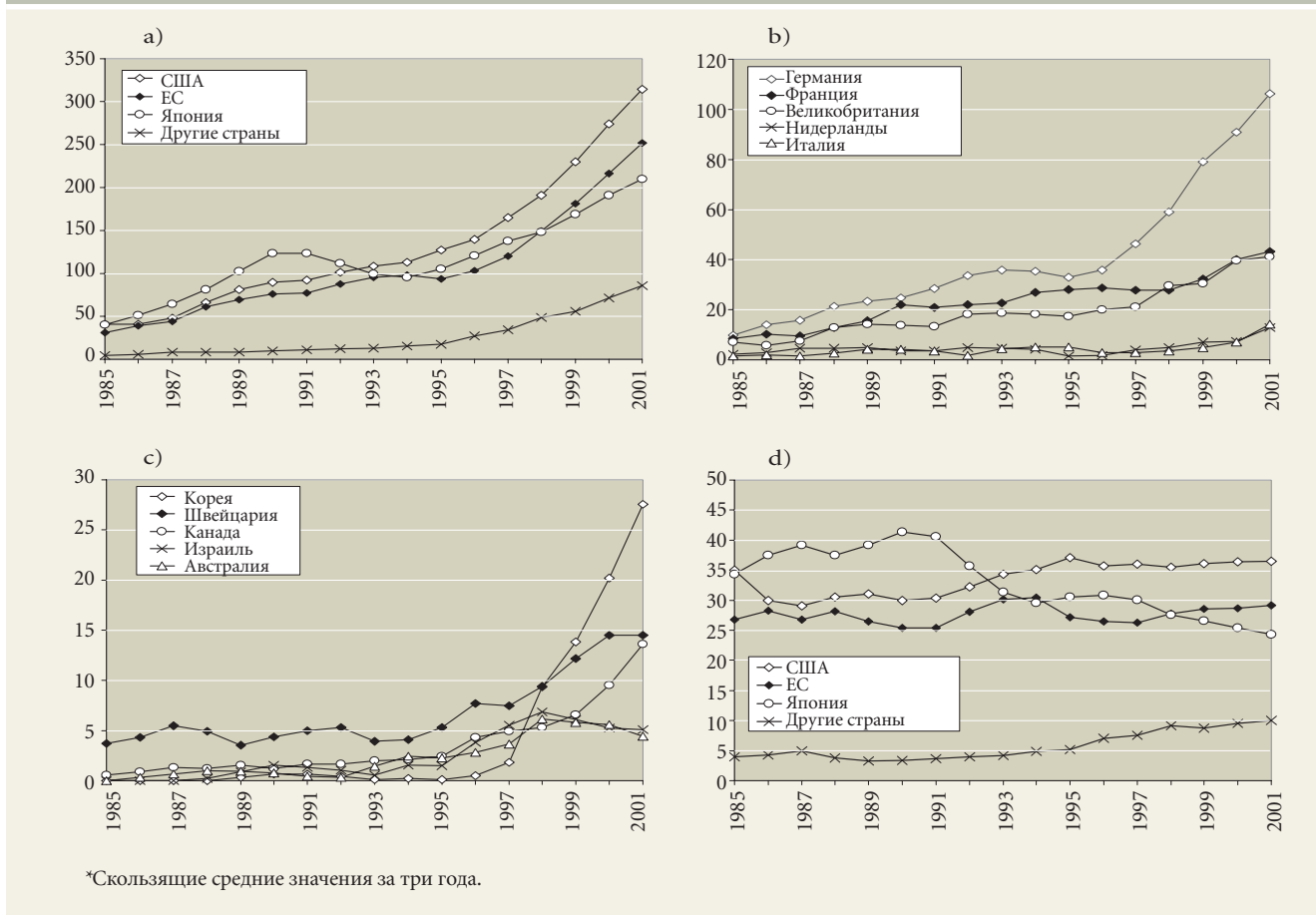


Рис. 4. Тенденции динамики патентных заявок на нанотехнологии, поданных в ЕРО: число патентных заявок крупнейших стран (а-с) и их удельный вес в процентах (d)*



период с 1990 по 1994 г. наблюдалось снижение этого показателя в среднем примерно на 6% в год. Именно тогда лопнул «пузырь» вздутых цен на японские активы. Похоже, что в те годы Япония утратила и часть своих технологических активов. Это одна из причин стабилизации потока нанотехнологических патентных заявок в первой половине 1990-х гг. Его рост в Японии возобновился в 1995 г., хотя среднегодовые темпы прироста (12%) остаются ниже, чем в США и ЕС.

С середины 1990-х гг. заметно повышаются и показатели других стран. Особенно высокий прирост зафиксирован в Корее начиная с 1997 г.: его среднегодовые темпы в 1999–2001 гг. достигли порядка 40%. Отмечается и значительное увеличение количества корейских патентных заявок, поданных в USPTO [Huang et al., 2004].

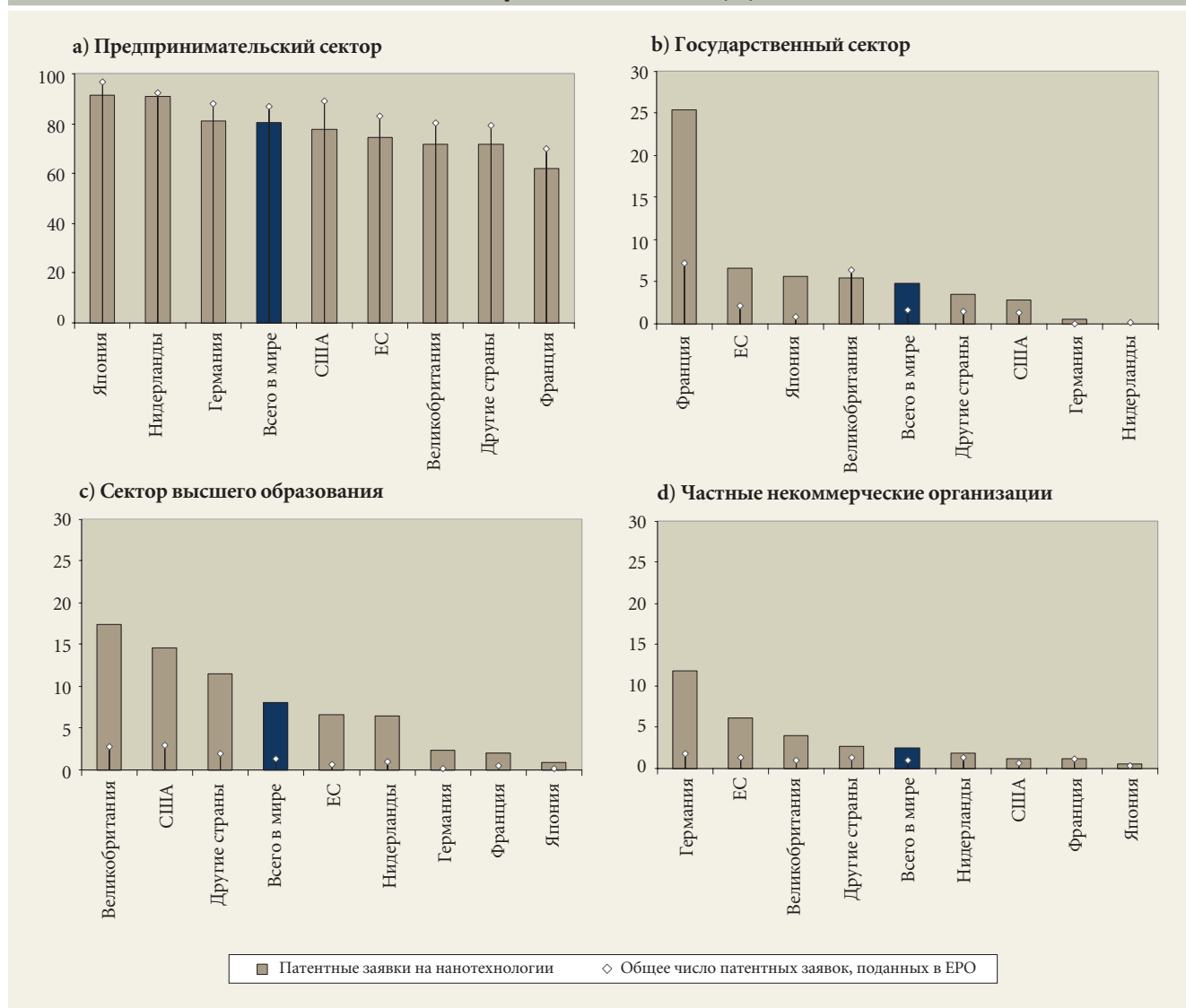
Если в течение 1979–1985 гг. США были абсолютным лидером по доле патентных заявок на нанотехнологии, то во второй половине 1980-х гг. это место принадлежало Японии. После резкого спада в начале 1990-х гг. доля Японии стабильно снижалась вследствие опережающего роста потока заявок из других стран. В результате в 2001 г. США вновь вышли на первое место, а следующие позиции занимали Европейский Союз и Япония. На протяжении всего прошлого десятилетия удельные веса других стран стабильно росли, и к 2001 г. составили около 10% всех патентных заявок на нанотехнологии.

Структура патентных заявок на нанотехнологии по секторам

Важными источниками знаний в области нанотехнологий являются сфера высшего образования и государственный сектор. На рис. 5 и 6 показаны удельные веса отдельных секторов – предпринимательского, государственного, физических лиц, частных некоммерческих организаций и высшего образования – в структуре патентных заявок на нанотехнологии. Предпринимательский сектор обеспечивает около 80% их общего числа, что примерно на 10% ниже соответствующего показателя для всех патентных заявок, поданных в ЕРО за тот же период (рис. 5а). Это объясняется более высокими долями государственного сектора (5%) и сферы высшего образования (8%). Данные оценки совпадают с выводами других исследователей [Heinze, 2004; Meyer, 2006a]. Как видно из рис. 6а, более активная роль двух указанных секторов проявилась с середины 1990-х гг. Очевидно, в это время произошли качественные сдвиги либо в характере собственно научных исследований в области нанотехнологии, либо в научно-технической и инновационной политике – нанотехнологии приобрели статус приоритета и были приняты действенные меры по поддержке сотрудничества промышленности, науки и государства.

Структура патентных заявок на нанотехнологии, поданных в ЕРО, по секторам варьируется в разных странах.

Рис. 5. Доли секторов в числе патентных заявок, поданных в ЕРО, по странам: 1978-2005 (%)



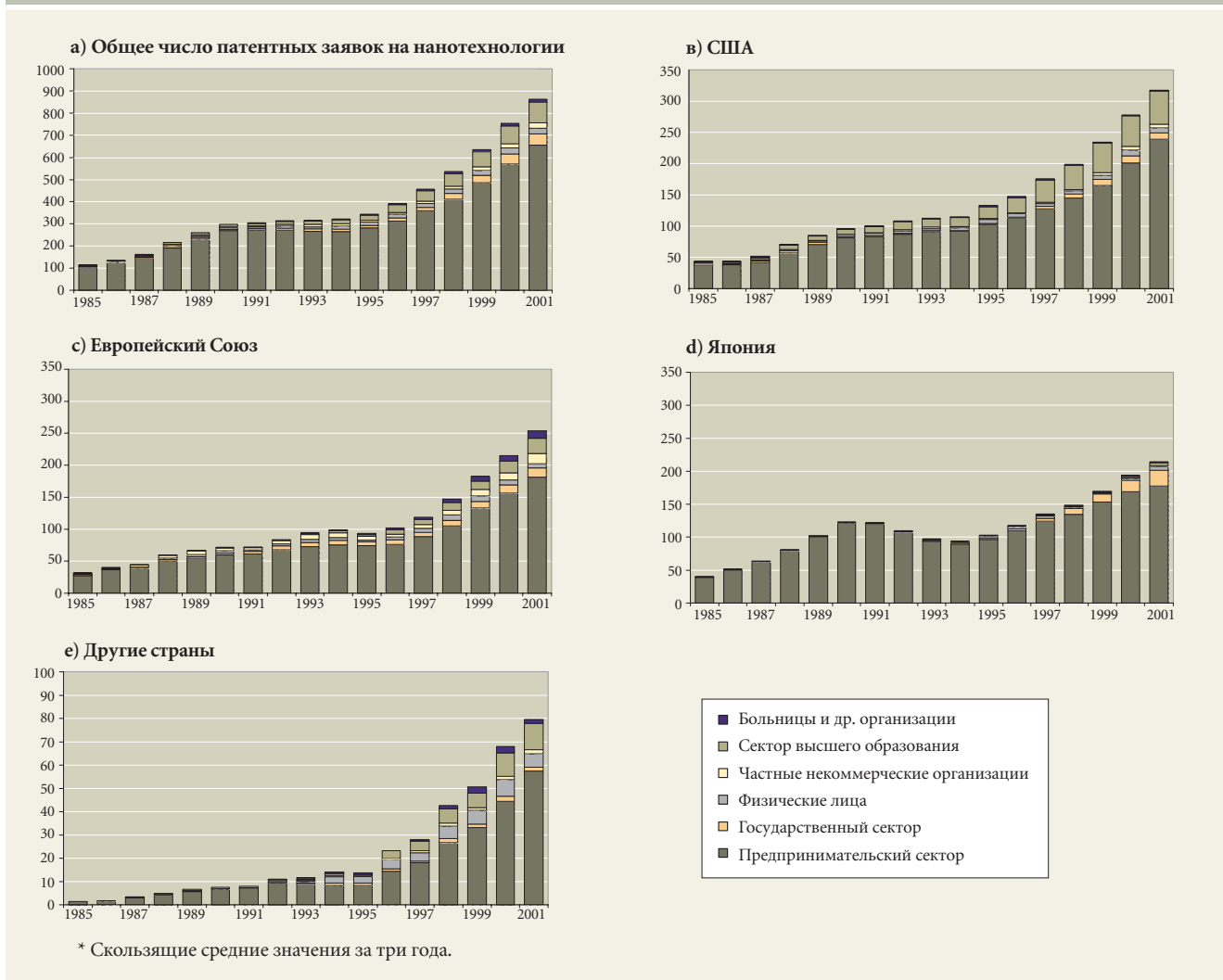
В США в 2000-2002 гг. на долю предпринимательского сектора приходилось около 73% заявок – на 17 процентных пунктов меньше, чем в общем количестве патентных заявок, поданных США в ЕРО за тот же период [OECD, 2006]. Аналогичный показатель для сектора высшего образования составляет около 18% – выше, чем его доля среди всех патентных заявок в ЕРО (менее 5%). Удельный вес сектора высшего образования увеличивался с начала 1990-х гг. и в 1999 г. приблизился к 20%. Затем его величина несколько снизилась – до 17% в 2001 г.

В Европейском Союзе вклад государственного сектора и сферы высшего образования в патентование изобретений в области нанотехнологий также стабильно усиливался с начала 1990-х гг. В 2001 г. доля этих секторов составила 15%. Ввиду различий между национальными системами науки, технологий и инноваций значения показателей в отдельных странах различны (рис. 5). Обращает на себя внимание высокий удельный вес государственного сектора во Франции – около 25% всех патентных заявок на нанотехнологии. В Великобритании, напротив, 17% патентных заявок приходится на учреждения высшего образования. Доля некоммерческого сектора достигает 12% в Германии.

В Японии предпринимательский сектор доминировал в патентовании нанотехнологий до середины 1990-х гг. Стремительный рост потока заявок сменился его сокращением в 1991–1995 гг. Стагнация в патентовании нанотехнологий, отмеченная на рис. 4, связана с сокращением подачи заявок компаниями. С 1995 г. этот показатель вновь начал расти. Одновременно выявилось масштабное увеличение числа патентных заявок, поданных учреждениями государственного сектора, – до 11% их общего количества в сфере нанотехнологий, что в пять раз выше, чем в 1995 г.

Следует подчеркнуть, что в ряде государств – таких, как Швеция и до недавнего времени также Германия и Япония, – профессорам университетов разрешается патентовать изобретения, сделанные в рамках выполнения служебных обязанностей, на свое имя. Соответственно, такие патентные заявки не считаются принадлежащими государственным организациям. Однако обычно (за исключением «других стран» на рис. 6е) количество патентных заявок от физических лиц невелико и остается практически неизменным. Поэтому вышеупомянутая специфика правовых режимов прав интеллектуальной собственности не ока-

Рис. 6. Доли секторов в числе патентных заявок на нанотехнологии, поданных в ЕРО, в динамике*



зывает серьезного влияния на полученные нами выводы.

Тенденции патентования в сфере нанотехнологий по областям практического применения

Благодаря особым свойствам, проявляемым материалами на нанометровом уровне, нанотехнологии лежат в основе широкого спектра технологий. Чтобы проанализировать весь спектр направлений их практического применения, патентные заявки на нанотехнологии были сгруппированы по шести областям в соответствии с Международной патентной классификацией (МПК). Эти области (и соответствующие коды МПК) приведены в табл. 2⁴. В результате анализа по ключевым фразам технологии были отнесены к следующим областям применения:

- **Электроника:** полупроводниковые чипы памяти, энергонезависимые ОЗУ, плоские индикаторные устройства, квантовая обработка информации и **молекулярные устройства.**

- **Оптоэлектроника:** лазеры, фотонные кристаллы, оптические устройства, оптические волноводы.

- **Медицина и биотехнология:** **системы доставки лекарственных веществ к участку действия**, метод молекулярного обнаружения, метод обнаружения ДНК с высоким разрешением, **использование TiO₂ для защиты от ультрафиолетового излучения.**

- **Измерения и обработка:** методы матричного экранирования, микроскоп со сканирующим датчиком, метод обработки полимеров.

- **Охрана окружающей среды и энергетика:** электроды топливных элементов, безводные электролитные вторичные элементы, литиевые вторичные элементы.

- **Наноматериалы:** **углеродные и органические нанотрубки, нанонити-сенсоры, оксидные частицы.**

Большинство технологий в этих шести областях (за исключением «наноматериалов») были разработаны «сверху вниз»⁵ – т.е. наноструктуры создавались путем совершенствования и развития существующих технологий миниатюризации, например, литографии. Наноматериалы синтезируются «снизу вверх»: нанострукту-

⁴ Идентификация таких областей носит субъективный характер. Так, ЕРО разделило класс Y01N на шесть подклассов [Scheu, 2006]. Анализ связей между патентными заявками позволит получить целостную картину взаимодействия между различными технологиями и уточнить эту классификацию.

⁵ Жирным шрифтом выше выделены типичные примеры нанотехнологий, созданных «снизу вверх». Выбраны технологии, в которых наноструктуры организованы через химическое либо физическое взаимодействие атомов или молекул.

Табл. 2. **Шесть областей применения нанотехнологий**

Область применения	Код МПК	Определение МПК (8-я редакция)
Электроника	H01L	Полупроводниковые устройства; электрические твердотельные устройства, не отнесенные к другим категориям
	H01J	Электрические газоразрядные трубки или газоразрядные лампы
	G06N	Компьютерные системы на основе конкретных вычислительных моделей
	G11	Хранение информации
Оптоэлектроника	G02	Оптика
	H01S	Устройства, использующие индуцированное излучение
Медицина и биотехнологии	A61	Медицинские или ветеринарные науки, гигиена
	C12	Биохимия; пиво; крепкие напитки; вино; уксус; микробиология; энзимология; мутации или генная инженерия
Измерения и обработка	G01	Измерение; тестирование
	B01	Физические или химические процессы либо аппараты в целом
	B21	Безотходная механическая обработка металла; перфорирование металла
	B23	Станки; технологии металлообработки, не отнесенные к другим категориям
	B32B	Многослойные продукты, т.е. продукты, состоящие из нескольких плоских или неплоских слоев, например ячеистой или сотовой формы
Окружающая среда и энергетика	C02F	Очистка воды, водостоков, отходов, канализации или шламов
	H01M	Процессы или средства, например батареи для прямой конвертации химической энергии в электрическую
Наноматериалы	B01J	Химические или физические процессы, например катализ, коллоидная химия, и соответствующая аппаратура
	B81B	Микроструктурные устройства или системы, например микромеханические устройства
	B82B	Наноструктуры, их изготовление и обработка
	C01B	Неметаллические элементы и их соединения
	C01G	Соединения, содержащие металлы, не отнесенные к подклассам C01D или C01F
	C03B	Производство, формовка или вспомогательные процессы
	C03C	Химическое составление стекла, глазури или стекловидных эмалей; обработка стеклянных поверхностей; обработка поверхностей из стекловолокна или стеклянных нитей, минералов или шлаков; соединение стекла со стеклом или другими материалами
	C04	Цемент; бетон; искусственный камень; керамика; огнеупорная керамика
	C07	Органическая химия
	C08	Органические макромолекулярные соединения; их подготовка или химическая обработка; основанные на них соединения
	C09	Красители; краски; лаки; естественные смолы; клеи; составы, не отнесенные к другим категориям; использование материалов, не отнесенных к другим категориям
	C22	Металлургия; сплавы черных и цветных металлов; обработка сплавов или цветных металлов
	C23C	Покрытие металлических материалов; покрытие материалов металлическими материалами; химическая обработка поверхностей; диффузионная обработка металлических материалов; покрытие методом вакуумного испарения, напыления, ионной имплантации или вакуумного напыления в целом; предотвращение коррозии металлических материалов или инкрустирование в целом
	C30	Выращивание кристаллов

Источник: классификация Nanotechnology Researchers Network Centre (Япония).

ры организуются путем химического либо физического взаимодействия атомов или молекул.

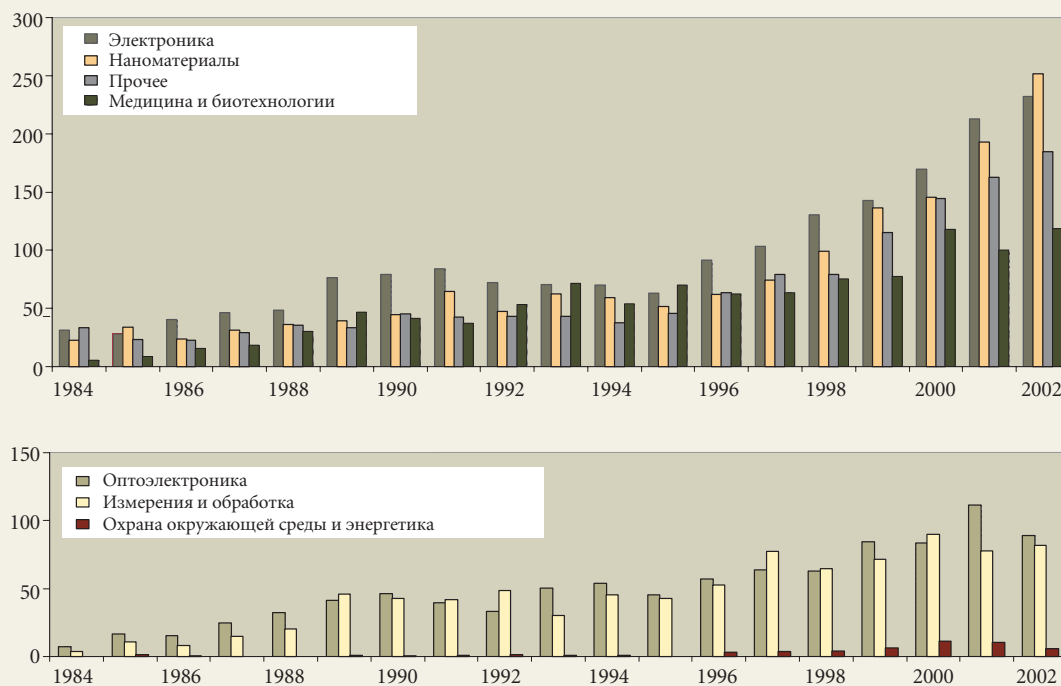
Рост потока патентных заявок на нанотехнологии, полученные методом «снизу вверх», отмечаемый в последнее десятилетие, скорее всего является одним из факторов ускорения развития этой сферы. В каждой из областей применения нанотехнологий наблюдается существенное количество заявок, кроме «Охраны окружающей среды и энергетики» (рис. 7). Особенно заме-

тен скачок в категории «Наноматериалы»: в 2002 г. ее удельный вес среди шести предметных областей был максимальным.

Возникает вопрос, насколько тесно созданные «снизу вверх» нанотехнологии связаны с другими областями применения. Для выявления связей рассмотрим удельный вес наноматериалов в каждой из них⁶. Высокая доля наноматериалов означает, что технология в значительной степени зависит от создаваемых «снизу вверх» нано-

⁶ Для каждой области применения были подсчитаны патентные заявки на нанотехнологии с кодами МПК, относящимися к категории «Наноматериалы». В качестве знаменателя использовалось общее количество патентных заявок в данной области применения. Области применения патентных заявок на нанотехнологии определялись по базовым кодам МПК.

Рис.7. Динамика патентных заявок на нанотехнологии по областям применения



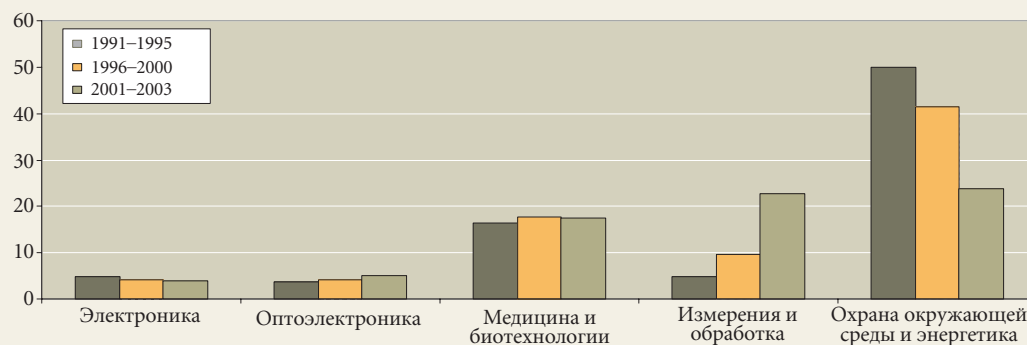
технологий или сама играет важную роль в их создании (рис. 8).

В категориях «Электроника» и «Оптоэлектроника» удельный вес наноматериалов незначителен и почти не меняется. Из этого следует, что в настоящее время наноматериалы в этих областях используются менее активно, чем нанотехнологии, относящиеся к типу «сверху вниз». Сравнительно высокие доли наноматериалов в таких категориях, как «Медицина и биотехнологии», «Измерения и обработка», «Охрана окружающей среды и энергетика», свидетельствуют о достаточно тесных связях между ними и создаваемыми «снизу вверх» нанотехнологиями. Особой стабильностью отличается динамика этого показателя в категории «Измерения и обработка». Усиление ее связи с наноматериалами говорит в пользу критически

важной роли относящихся к ней технологий в разработке нанотехнологий «снизу вверх».

Подобный анализ позволяет взглянуть на процесс развития нанотехнологий в перспективе. Эта сфера охватывает ряд технологических процессов, действующих на нанометровом уровне, в частности в электронике, оптоэлектронике, медицине, биотехнологии и др. Есть основания утверждать, что большая их часть также возникает «сверху вниз». Взаимодействия между такими нанотехнологиями, созданными «сверху вниз», обычно незначительны⁷, поскольку их развитие происходит преимущественно в пределах тех же областей. Помимо нанотехнологий вида «сверху вниз» существует и другая группа – нанотехнологии, реализуемые «снизу вверх». На протяжении прошлого десятилетия проводились интен-

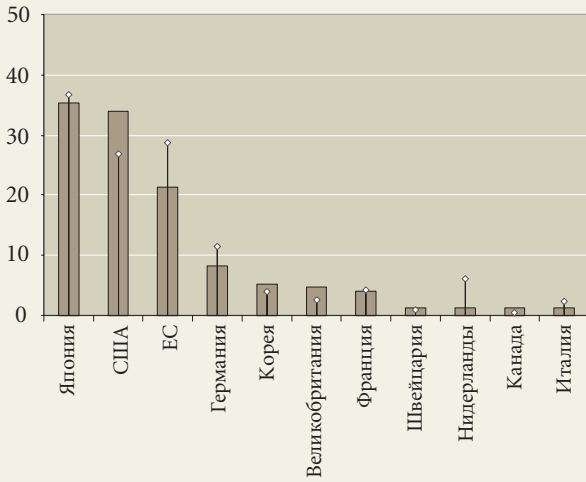
Рис. 8. Связь между областью «Наноматериалы» и пятью другими областями применения нанотехнологий (доля, %)



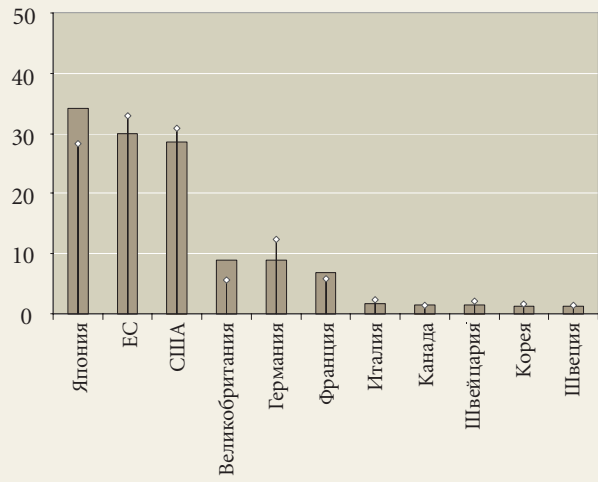
⁷ Взаимосвязи между патентами на нанотехнологии, выданными USPTO, проанализированы М. Майером. В его исследовании показано, что наноука и нанотехнологии рассматриваются как совокупность взаимосвязанных и пересекающихся, но не обязательно сливающихся друг с другом технологий [Maier, 2006b].

Рис. 9. Доли стран в числе патентных заявок по областям применения: 1995-2003 (%)

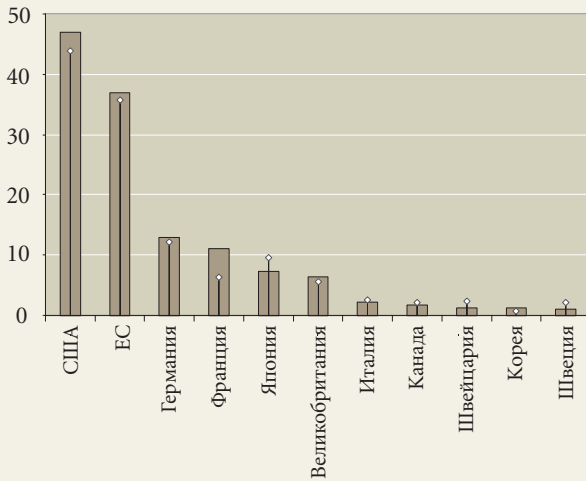
а) Электроника



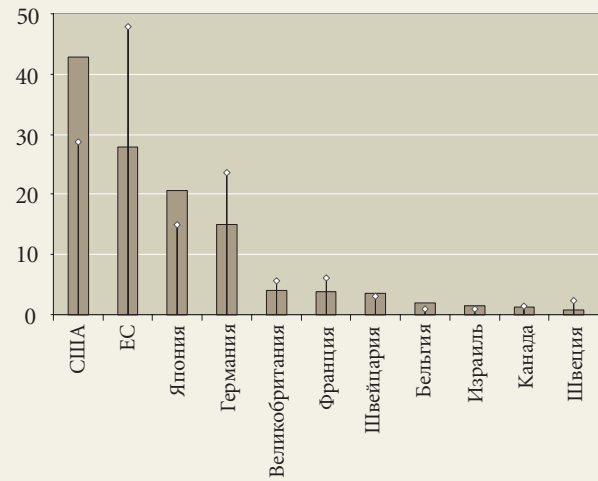
б) Оптоэлектроника



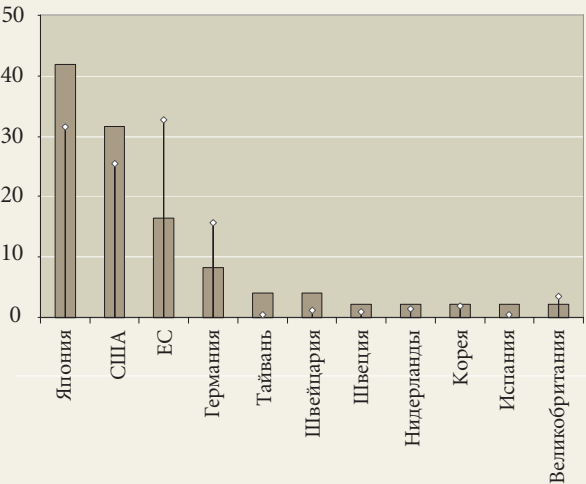
в) Медицина и биотехнологии



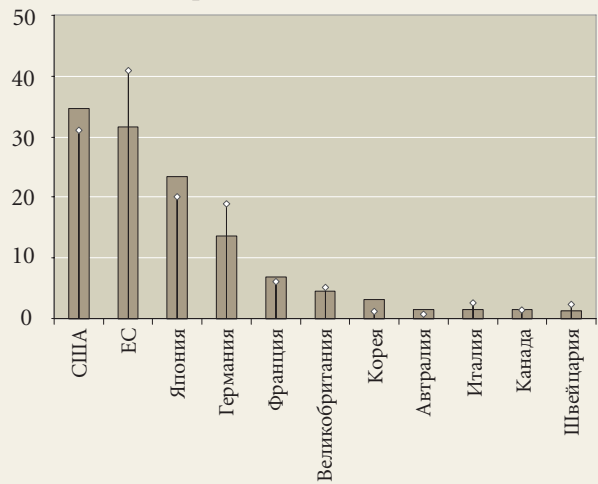
г) Измерения и обработка



е) Охрана окружающей среды и энергетика



ф) Наноматериалы



■ Патентные заявки на нанотехнологии
 ◇ Общее число патентных заявок, поданных в ЕРО

сивные разработки по получению наноматериалов. Знания в части «Измерений и обработки» становятся критичными для создания нанотехнологий «снизу вверх», но влияние последних на области их практического применения пока остается незначительным.

Структура патентных заявок на нанотехнологии по областям применения и по странам

Современное развитие нанотехнологий напрямую зависит от существующих технологий, и накопленный объем знаний приобретает здесь решающее значение⁸. Рассмотрим доли стран в составе патентных заявок на нанотехнологии в разрезе областей применения (рис. 9). Для сравнения показаны их удельные веса в общем ко-

личестве патентных заявок, поданных в ЕРО, по тем же шести областям. Расчеты показывают сильную корреляцию между этими двумя долями по всем странам, кроме ЕС в целом. Например, в категории «Электроника» лидирует Япония как в области нанотехнологий, так и по совокупному объему патентных заявок в ЕРО.

Япония имеет наивысший удельный вес в таких позициях, как «Электроника», «Оптоэлектроника» и «Охрана окружающей среды». США первенствуют в категориях «Медицина и биотехнология», «Измерения и обработка», «Наноматериалы». Доли ЕС в числе патентных заявок на нанотехнологии, как правило, ниже. Корея занимает четвертое место по количеству патентных заявок на нанотехнологии в категории «Электроника».

Продолжение в следующем номере

- Arundel A., Kable I. What Percentage of Innovations are Patented? Empirical Estimates for European Firms / *Research Policy*, 1998, v. 27, № 127, p. 141.
- Binning G., Rohrer H., Gerber Ch., Weibel E. Surface Studies by Scanning Tunneling Microscopy / *Physical Review Letters*, 1982, v. 49, №1, p. 57-61.
- Binning G., Quate C.F., Gerber Ch. Atomic Force Microscope / *Physical Review Letters*, 1986, v. 56, № 9, p. 930-933.
- Feynman R.P. There's Plenty of Room at the Bottom / *Annual Meeting of the American Physical Society at the California Institute of Technology*, 1959.
- Harhoff D., Narin F., Scherer F.M., Vopel K. Citation Frequency and the Value of Patented Inventions / *The Review of Economics and Statistics*, 1999, v. 81, № 3, p. 511-515.
- Harhoff D., Scherer F.M., Vopel K. Citations, Family Size, Opposition and the Value of Patent Rights / *Research Policy*, 2003, v. 32, p. 1343-1363.
- Heinze T. Nanoscience and Nanotechnology in Europe: Analysis of Publications and Patent Applications including Comparisons with the United States / *Nanotechnology Law & Business*, 2004, v. 1, № 4, p. 427-445.
- Henderson R., Jaffe A.B., Trajtenberg M. Universities as a Source of Commercial Technology: A Detailed Analysis of University Patenting, 1965-1988 / *The Review of Economics and Statistics*, 1998, v. 80, № 1, p. 119-127.
- Huang Z., Chen H., Chen Z.K., Roco M.C. International Nanotechnology Development in 2003: Country, Institution, and Technology Field Analysis Based on USPTO Patent Database, 2004.
- Igami M., Saka A. Capturing the Evolving Nature of Science, Development of New Scientific Indicators and Mapping of Science. STI Working Paper 2007/1. OECD Directorate for Science, Technology and Industry, 2007.
- Iijima S. Helical Micro-tubules of Graphitic Carbon / *Nature*, 1991, №345, p. 56-58.
- Jaffe A.B., Trajtenberg M. International Knowledge Flows: Evidence from Patent Citations / *Economics of Innovation and New Technology*, 1998, №8, p. 105-136.
- Jaffe A.B., Trajtenberg M., Fogarty M.S. Knowledge Spillovers and Patent Citations: Evidence from a Survey of Inventors / *The American Economic Review*, 2000, v. 90, № 2, p. 215-218.
- Kroto H.W., Heath J.R., O'Brien S.C., Curl R.F., Smalley R.E. C60 : Buckminsterfullerene / *Nature*, 1985, № 318, p. 162-163.
- Kubo R. Electronic Properties of Metallic Fine Particles / *Journal of the Physical Society of Japan*, 1962, v. 17, № 6, p. 975-986.
- Lanjouw J.O., Schankerman M. The Quality of Ideas: Measuring Innovation with Multiple Indicators. NBER Working Paper №W7345, 1999.
- Meyer M. What is Special about Patent Citations? Differences between Scientific and Patent Citations / *Scientometrics*, 2000, v. 49, №1, p. 93-123.
- Meyer M. Are Patenting Scientists the Better Scholars? An Exploratory Comparison of Inventor-authors with their Non-inventing Peers in Nano-science and Technology / *Research Policy*, 2006a, v. 35, p. 1646-1662.
- Meyer M. What Do We Know about Innovation in Nanotechnology? Some Propositions about an Emerging Field between Hype and Path-dependency. Paper presented at SPRU 40th Anniversary Conference «The Future of Science, Technology and Innovation Policy», SPRU, Brighton, East Sussex, United Kingdom, 2006b.
- Narin F., Hamilton K.S., Olivastro D. The Increasing Linkage between U.S. Technology and Public Science / *Research Policy*, 1997, v. 26, p. 317-330.
- OECD. Compendium of Patent Statistics. Paris: OECD, 2006.
- Scheu M., Veeffkind V., Verbandt Y., Molina Galan E., Absalom R., Förster W. Mapping nanotechnology patents: The EPO approach / *World Patent Information*, 2006, v. 28, p. 204-211.
- Small H., Sweeney E. Clustering the Science Citation Index using Co-citations. I. A Comparison of Methods / *Scientometrics*, 1985a, v. 7, p. 3-6, p. 391-409.
- Small H., Sweeney E., Greenlee E. Clustering the Science Citation Index using Co-citations. II. Mapping Science / *Scientometrics*, 1985b, v. 8, p. 5-6, p. 321-340.
- von Wartburg I., Teichert T., Rost K. Inventive Progress Measured by Multi-stage Patent Citation Analysis / *Research Policy*, 2005, v. 34, p. 1591-1607.
- Webb C., Dernis H., Harhoff D., Hoisl K. Analysing European and International Patent Citations: A Set of EPO Patent Database Building Blocks. STI Working Paper 2005/9. OECD Directorate for Science, Technology and Industry, 2005.
- Zhou P., Leydesdorff L. The Emergence of China as a Leading Nation in Science / *Research Policy*, 2006, v. 35, p. 83-104.
- Zucker L.G., Darby M.R., Furner J., Liu R.C., Ma H. Minerva Unbound: Knowledge Stocks, Knowledge Flows and New Knowledge Production. NBER Working Paper №12669, 2006.

⁸ Важность совокупного объема знаний для развития нанотехнологий подтверждается и результатами регионального анализа [Zucker et al, 2006].