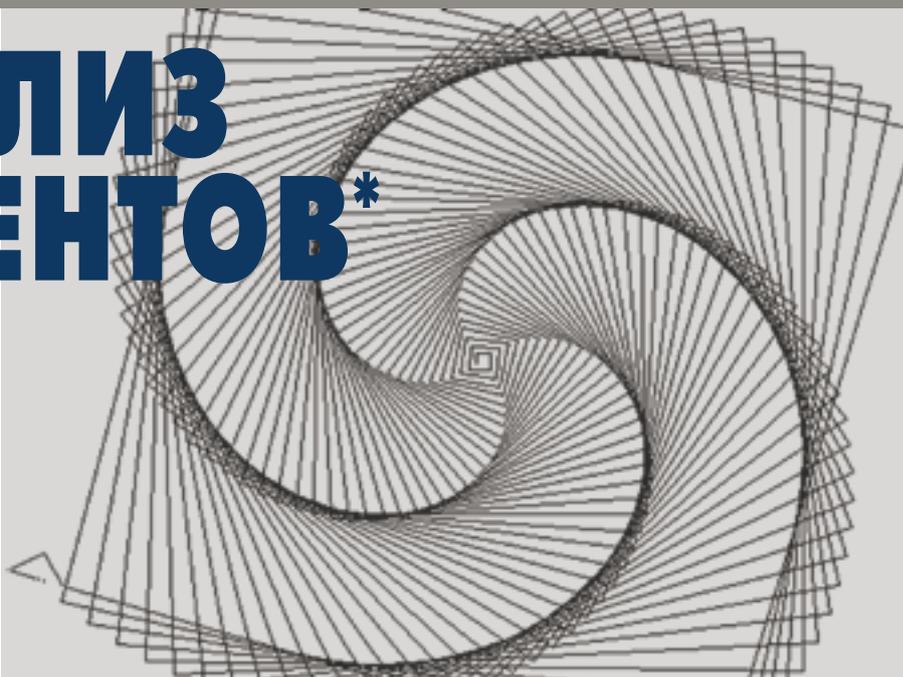


Современное состояние сферы

НАНО
ТЕХНОЛОГИЙАНАЛИЗ
ПАТЕНТОВ*

М. Игами, Т. Оказаки

Анализ цитирования патентных заявок на нанотехнологии

Более полное представление о характеристиках нанотехнологий дает анализ цитирования патентов. Связи между патентными заявками проливают свет на соотношение между различными направлениями изобретательской деятельности. Обычно рассматриваются два типа цитирования (рис. 10).

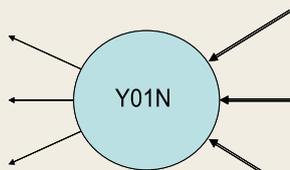
Обратное цитирование – цитирование предшествующих работ в патентных заявках на нанотехнологии. Оно отражает влияние более ранних изобретений на новые разработки. Удельный вес непатентной литературы в общем объеме цитирований показывает уровень связей между научной и изобретательской деятельностью [Narin et al., 1997; Harhoff, 2003; Meyer,

2006a]. Патентные заявки на нанотехнологии с высоким уровнем цитирования таких источников можно считать наукоемкими изобретениями. Период между датой цитируемого известного технического решения и подачей патентной заявки на нанотехнологию показывает, насколько быстро появляются последовательные изобретения. Внезапные изменения продолжительности временных лагов служат свидетельством технологических прорывов либо меняющихся тенденций технологического развития.

Прямое цитирование – цитирование патентных заявок на нанотехнологии в других заявках. Количество прямых цитат принято считать показателем экономической или технологической ценности патентов [Lanjouw, Schankerman, 1999; Harhoff et al., 1999; 2003; Henderson et al., 1998; Jaffe et al., 2000].

* Продолжение. Начало статьи – см. «Форсайт», 2008, № 3, с. 32–43.

Рис. 10. Прямое и обратное цитирование



Обратное цитирование
(цитирование в заявках класса Y01N)

- Связь между научной и изобретательской деятельностью
- Влияние предшествующих разработок на нанотехнологию

Прямое цитирование
(цитирование заявок класса Y01N)

- Технологическая ценность
- Экономическая ценность
- Влияние нанотехнологии на последующие изобретения

Рис. 11. Структура цитирования в патентных заявках на нанотехнологии, поданных в ЕРО (за период 1978–2005 гг., %)



Обратное цитирование

Общие характеристики

В патентных заявках на нанотехнологии, поданных в ЕРО (напрямую или в рамках РСТ), цитируются 34.033 патента и 12.264 непатентные публикации¹. На долю последних приходится 26.5% всех цитат (рис. 11). Уровень цитирования непатентной литературы в патентных заявках на нанотехнологии выше, чем в целом по всем патентным заявкам, поданным в ЕРО (примерно 10%). На рис. 12 показаны усредненные показатели обратного цитирования в расчете на одну патентную заявку на нанотехнологии и для всех патентных заявок в ЕРО. На протяжении 1980-х гг. этот показатель оставался постоянным, затем увеличился с 5.3 цитаты в 1989 г. до 6.8 в 1994 г. Затем последовал период снижения – до 5.5 цитаты в 2003 г. По сравнению со всеми патентными заявками, поданными в ЕРО, в заявках на нанотехнологии цитат больше, хотя в начале 1990-х гг. динамика в обоих случаях была почти одинакова. Применительно к обратному цитированию примерно четверть цитат взята из документов, отнесенных к классу Y01N. Удельный вес цитирования документов Y01N можно считать индикатором того, насколько изобретения в области нанотехнологии зависят от других изобретений – как нанотехнологических, так и иных².

Среди патентов, цитированных в патентных заявках на нанотехнологии, 99% были выданы семью ведущими патентными ведомствами (рис. 13). Удельный

вес JPO и ВОИС (WIPO) выше аналогичных показателей для всей совокупности патентных заявок, поданных в ЕРО.

Связь научной и изобретательской деятельности

Цитирование непатентной литературы в связи с изобретениями, на которые подаются патентные заявки, в большинстве случаев сводится к цитированию научных журналов. Поэтому удельный вес таких цитат в патентных заявках является хорошим показателем наукоемкости изобретательской деятельности.

Высокий уровень цитирования непатентной литературы означает, что научные исследования, скорее всего, сыграли важную роль в разработке технологии. Соответствующий индикатор плавно вырос с 28% в 1985 г. до 33% в 1988 г. (рис. 14). Затем последовал столь же плавный спад до 23% в 1996 г.; на этом уровне показатель практически стабилизировался. Причины снижения не вполне ясны. В тот же период доля непатентной литературы во всех цитатах в патентных заявках, поданных в ЕРО, практически не менялась, оставаясь на уровне 10%³. Детальный анализ (табл. 3) показывает, что в 48.1% патентных заявок на нанотехнологии такие публикации вообще не цитируются. В 34.9% патентных заявок содержится от 50% таких цитат или меньше (но больше 0). В 16.9% патентных заявок более 50% цитат приходится на непатентные источники. На основании этих данных патентные заявки на нанотехнологии можно классифицировать как научно- или технологически емкие.

Табл. 3. Количество и структура патентных заявок на нанотехнологии по уровню цитирования (за период 1995–2005 гг.)

	Нет цитат из непатентной литературы	0–50%	50–100%
Доля (и количество) цитат из не связанной с патентами литературы	48.1% (2 492)	34.9% (1 809)	16.9% (875)

¹ Данные о цитировании получены из базы данных патентного цитирования OECD/EPO за 2006 г. Была найдена информация о цитировании в 7903 из 8568 патентных заявок на нанотехнологии. Данные о цитировании были выделены для более 90% патентных заявок с датой приоритета в промежутке с 1979 по 2002 г. Уровень охвата за 2003 г. относительно низок: удалось получить информацию о цитировании для примерно 70% патентных заявок.

² Уровень использования различных технологических областей считается индикатором «оригинальности» технологии [Hall et al., 2001]. Однако до сих пор не ясно, насколько такое допущение применимо в нашем исследовании. Например, если в основе нанотехнологического изобретения лежит обычная технология миниатюризации, то в патентной заявке будет цитироваться патент на не-нанотехнологическое изобретение, а это будет способствовать повышению показателя оригинальности.

³ Предварительный анализ цитирования непатентной литературы в патентных заявках на другие новые технологии в период с 1995 по 2003 г. выявил уровень в 14% в области информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) и 53% – в биотехнологии. Технологии были отобраны на основании базовых кодов [OECD, 2006]. Удельный вес непатентной литературы в значительной степени зависит от условий и характеристик научно-технического развития. Например, в сфере ИКТ результаты исследований обычно не публикуются в научной литературе, в отличие от нанотехнологии и биотехнологии.

Рис. 12. Средний уровень обратного цитирования в расчете на одну нанотехнологическую патентную заявку и в целом для всех патентных заявок, поданных в ЕРО*



* Скользящие средние значения за три года.

Следующий вопрос: какие патентные заявки являются более наукоёмкими? На рис. 15 отражена структура цитирования непатентных публикаций в нанотехнологических патентах по шести областям применения. В категории «Медицина и биотехнологии» удельный вес подобных цитат практически такой же, как в целом для всех патентных заявок ЕРО. В других областях применения нанотехнологий этот показатель выше.

Динамика цитирования непатентной литературы иллюстрирует меняющуюся природу связей между научной и изобретательской деятельностью. Здесь можно выделить три типологии. Как видно на рис. 16а, доля указанных цитат остается стабильной в патентных заявках с базовым кодом МПК А61К (системы доставки лекарственного вещества к участку действия и использование TiO₂ для защиты от ультрафиолетового излучения), что свидетельствует о постоянном взаимодействии между наукой и изобретательством. Тем вре-

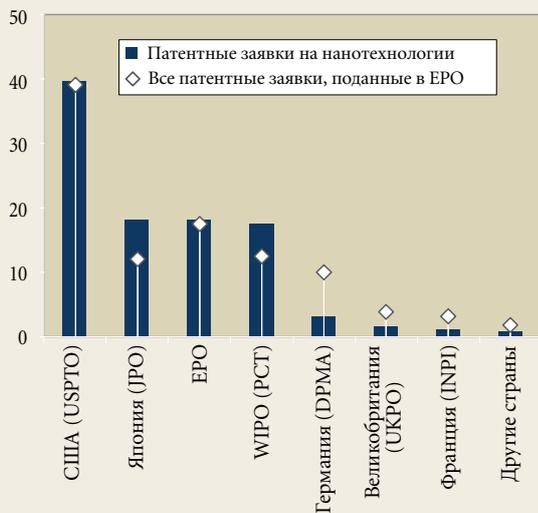
менем уровень цитирования непатентной литературы в патентных заявках с кодом H01L (полупроводниковые устройства) на ранних стадиях был заметно выше, затем сократился, но тем не менее остается значительным (рис. 16b). Отсюда можно сделать вывод, что научные исследования были важным фактором активизации изобретательства в данной области. Это подтверждается и анализом по ключевым фразам, выявившим трансформацию фундаментальных концепций (таких как квантовые полупроводниковые устройства) в конкретные технологии (например, полупроводниковая память). В патентных заявках с кодом C01B (углеродные нанотрубки) уровень цитирования непатентной литературы растет – свидетельство того, что в данной технологической области передовые научные исследования тесно связаны с изобретательством (рис. 16с).

Влияние предшествующих технических решений на патентование нанотехнологий

Анализ лагов цитирования позволяет измерить скорость появления последовательных изобретений и тем самым оценить роль, которую играют предшествующие разработки в текущей изобретательской деятельности. Патентные заявки, которые отличаются более продолжительными временными лагами, считаются медленно развивающимися технологиями. Напротив, более короткие лаги свидетельствуют о быстром развитии технологий. Внезапные изменения лагов говорят о наличии технологических прорывов или изменениях в тенденциях развития технологий.

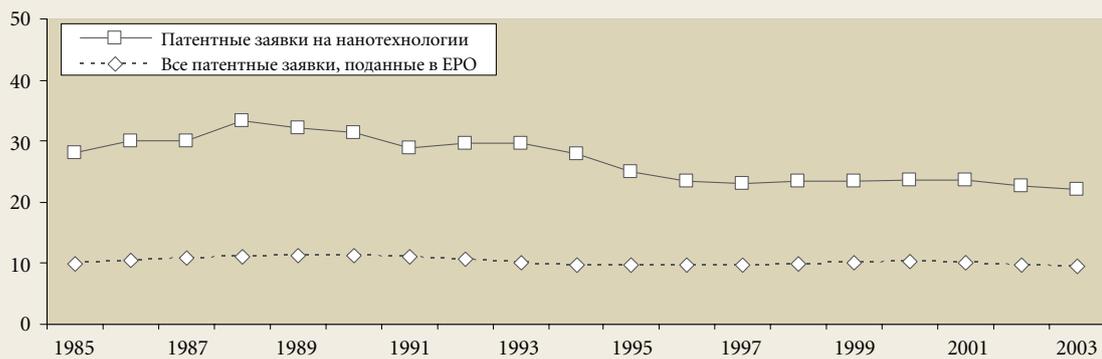
В нашем исследовании временные лаги определялись как разница между датами приоритета патентных заявок на нанотехнологии и цитируемых в них патентных заявок. При этом вследствие ограниченности исходных данных учитывались сведения о цитировании патентных публикаций ЕРО, USPTO, JPO и WIPO⁴. В общем числе цитирований, содержащихся во всех патентных заявках на нанотехнологии, поданных в период с 1995 по 2003 г., доля этих четырех патентных ведомств достигает 90% (рис. 13). Типичный лаг достигает двух лет. Причем половина обратных цити-

Рис. 13. Распределение цитирования патентов в патентных заявках на нанотехнологии, поданных в ЕРО (за период 1995–2003 гг., %)



⁴ Уровень извлечения информации о датах приоритета цитируемых патентных заявок был минимален в 1978 г. (около 30%). Затем этот показатель начал расти и к 1992 г. достиг почти 90%. С тех пор он остается неизменным. Недостаток данных за 1980-е гг. в первую очередь объясняется отсутствием информации о датах приоритета в цитируемых патентных заявках, опубликованных через национальные патентные ведомства европейских стран, таких как Германия, Великобритания и Франция. На долю патентных заявок, подаваемых в ведомства этих трех государств, приходилась значительная часть цитирований до создания ЕРО и WIPO.

Рис. 14. **Уровень цитирования непатентной литературы в патентных заявках на нанотехнологии и в целом для всех патентных заявок, поданных в ЕРО (%)***



* Скользящие средние значения за три года.

рований происходит в течение четырех лет; 90% всех цитат укладываются в 15-летний промежуток. Однако «хвост» у этого показателя очень длинный: примерно в 2.5% случаев цитируются патентные заявки, поданные 25 лет тому назад или даже ранее.

Чтобы выяснить, как временные интервалы между последовательными изобретениями варьируются в зависимости от технологии, они были рассчитаны для ряда специально отобранных групп МПК (в частности, оценивался период (в месяцах), на который пришлось 50% всех обратных цитат в патентных заявках на нанотехнологии). Возраст цитат учитывался по датам приоритета. Такой индикатор встречается в библиометрическом анализе под названием «полупериод цитирования» (citing half-life) [Deurenberg, 1993].

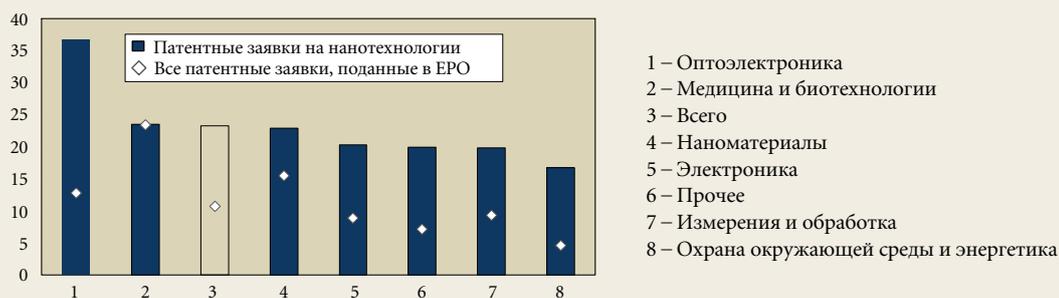
На рис. 18 приведены четыре типичных примера хронологической динамики цитирования. Возраст цитат в группах H01L и A61K остается постоянным, особенно в последние годы. Считается, что эти технологии развиваются стабильно и последовательно. Цитирование в патентных заявках на технологии группы G01N демонстрирует сокращение рассматриваемых лагов в конце 1980-х гг., что обусловлено изобретением сканирующего туннельного микроскопа в 1982 г. Данный вывод сделан на основании анализа названий публикаций, цитируемых в патентных заявках, по ключевым фразам. Резкое сокращение возраста цитат в категории H01J объясняется прогрессом технологии производства плоскоэкранных дисплеев. Это типичные примеры

меняющихся тенденций технологического развития. В начале 1990-х гг. большинство патентных заявок в категории H01J было посвящено технологиям, использующим пучки электронов. После 1995 г. здесь преобладали заявки, связанные с применением электронной эмиссии в плоскоэкранных дисплеях, что привело к ускорению технологического развития.

В группах G11B и H01S возраст цитат увеличился. В категории H01S отмечено резкое увеличение временных промежутков цитирования, начиная с конца 1990-х гг. Поскольку в патентных заявках данной группы доминировали лазерные технологии, не исключено, что упомянутая тенденция была обусловлена технологическим прорывом – изобретением синих лазеров. Для проверки этой гипотезы необходим подробный дополнительный анализ цитирования и взаимосвязи между различными технологическими направлениями.

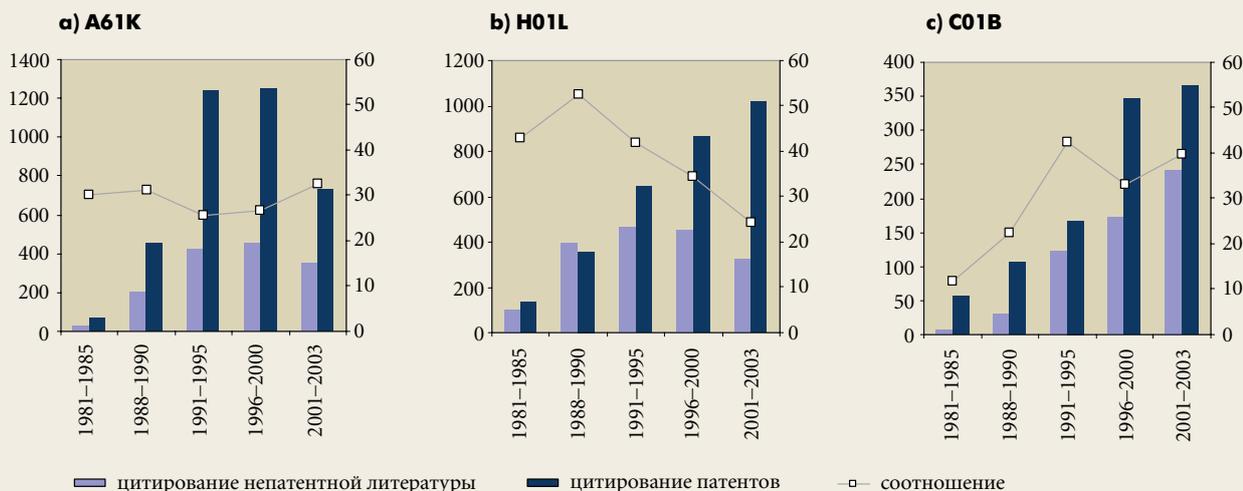
Яркий пример резкого сокращения лагов цитирования, обусловленного новыми научными открытиями, наблюдается в группе C01B. В середине 1980-х гг. возраст цитат в этой группе был весьма значительным, что свидетельствовало о медленном развитии технологий. В период с 1986 по 1993 г. значение показателя удивительным образом снизилось: в 1993 г. – около 30 месяцев. Столь резкое сокращение временных промежутков цитирования стало результатом последовательного изобретения фуллеренов и углеродных нанотрубок⁵. Эти два углеродных материала считаются ключевыми в нанотехнологии ввиду широкого спек-

Рис. 15. **Уровень цитирования непатентной литературы в патентных заявках на нанотехнологии по областям применения (за период 1995–2003 гг., %)**



⁵ Наш вывод базируется на косвенных наблюдениях, прежде всего сокращения промежутков между последовательными изобретениями и исключительно высокого уровня цитирования непатентной литературы в патентных заявках C01B. Анализ промежутков времени между патентными и непатентными публикациями дает прямое подтверждение поразительного сокращения этих лагов в результате научных открытий.

Рис. 16. **Динамика цитирования патентов и непатентной литературы в патентных заявках на нанотехнологии: а) А61К, б) H01L и с) C01B ***



* Левая шкала – количество, правая – доля, %.

тра потенциального применения. Выявлено также серьезное влияние научных исследований, отраженное в увеличении доли цитат непатентных публикаций в патентных заявках (рис. 16с).

Прямое цитирование

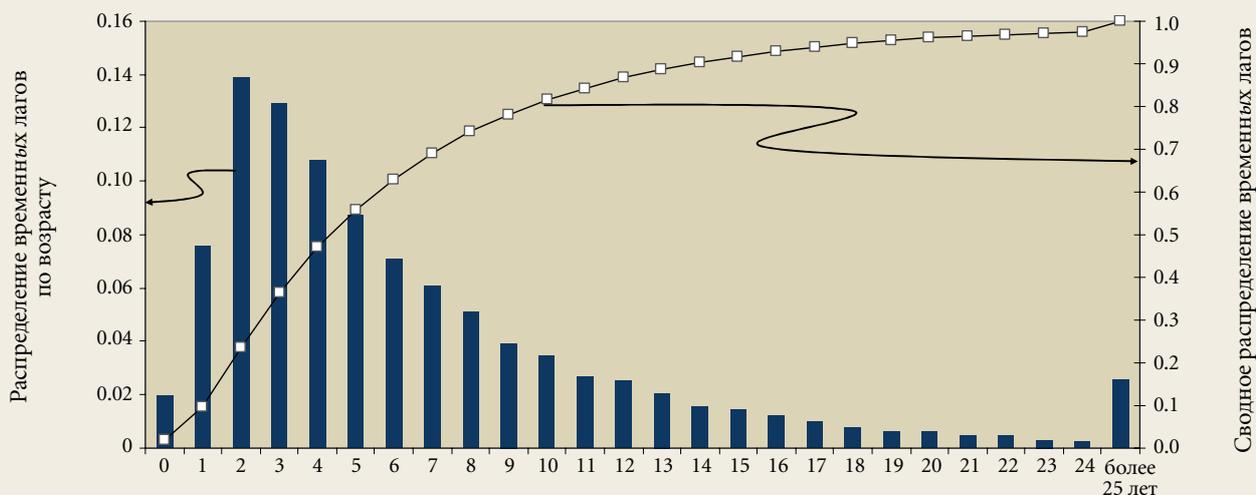
Общие характеристики

Рассмотрим число прямых цитат из патентных заявок на нанотехнологии⁶. Показатели прямого цитирования часто используются в качестве индикаторов экономической или технологической ценности патентов [Lanjouw, Schankerman, 1999; Harhoff et al., 1999; 2003; Henderson et al., 1998; Jaffe et al., 2000].

Анализ динамики прямого цитирования в расчете на одну патентную заявку на нанотехнологию, без отсечения периода цитирования (рис. 19)⁷, показывает, что максимальной отметки число цитат (около 3.5) достигло в 1987 г.; с тех пор эта величина монотонно сокращается. Подобная глобальная тенденция объясняется главным образом различиями в периодах отсечения прямого цитирования: в целом у более старых патентных заявок больше шансов быть процитированными. Чтобы исключить эффект отсечения, были подсчитаны все прямые цитаты за пять лет после даты приоритета.

Как свидетельствуют данные о прямом цитировании с учетом отсечения, патентные заявки на нанотех-

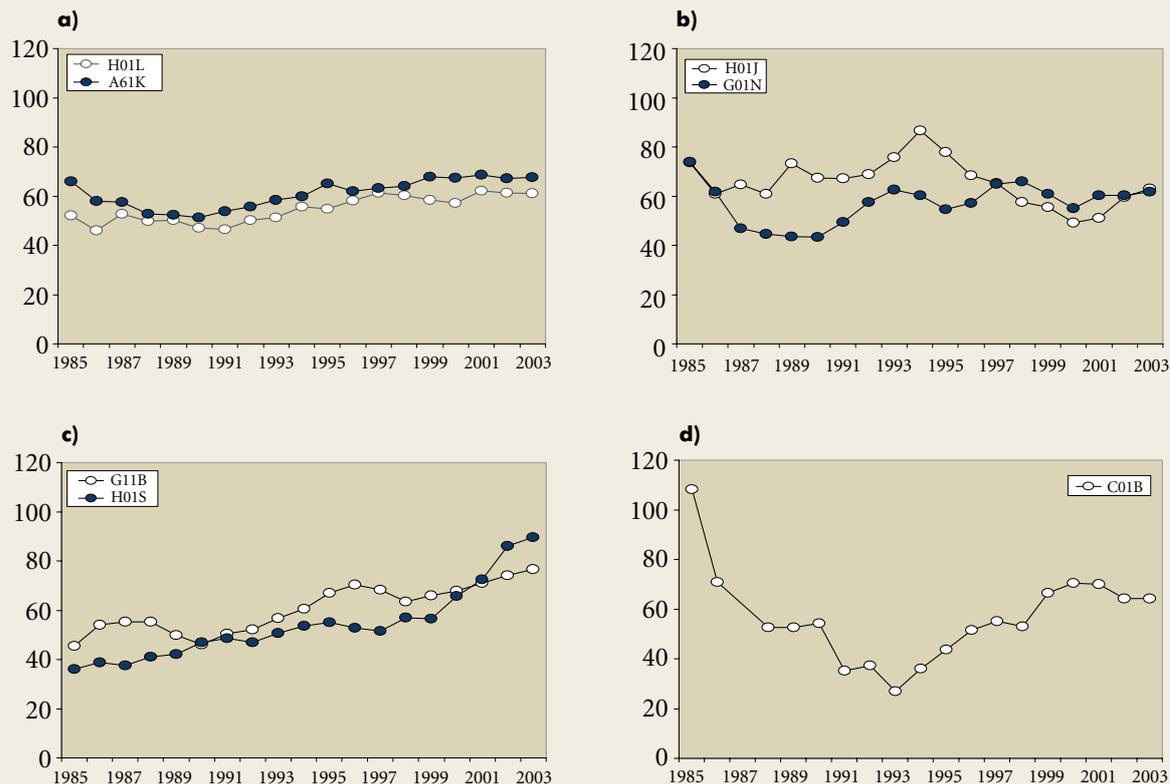
Рис. 17. **Распределение временных лагов между патентными заявками на нанотехнологии и цитируемыми в них публикациями (за период 1995–2003 гг.)**



⁶ Если патентная заявка публикуется несколькими ведомствами, в отчете о результатах поиска может цитироваться любая версия [Webb et al., 2005]. В данном исследовании учитывалась только эквивалентность патентных заявок ЕРО и РСГ, т.е. при расчете показателей прямого цитирования учитывались лишь цитаты из патентных заявок на нанотехнологии, опубликованных ЕРО или WIPO. Таким образом, сведения о прямом цитировании, приведенные в статье, не являются полными и исчерпывающими.

⁷ Представленные здесь цифры являются усредненными показателями прямого цитирования. Ввиду смещенного распределения прямых цитат усредненные показатели обычно оказываются крайне невысокими.

Рис. 18. **Временные лаги между патентными заявками на нанотехнологии и цитируемыми в них публикациями: четыре типичных примера (месяцев)***



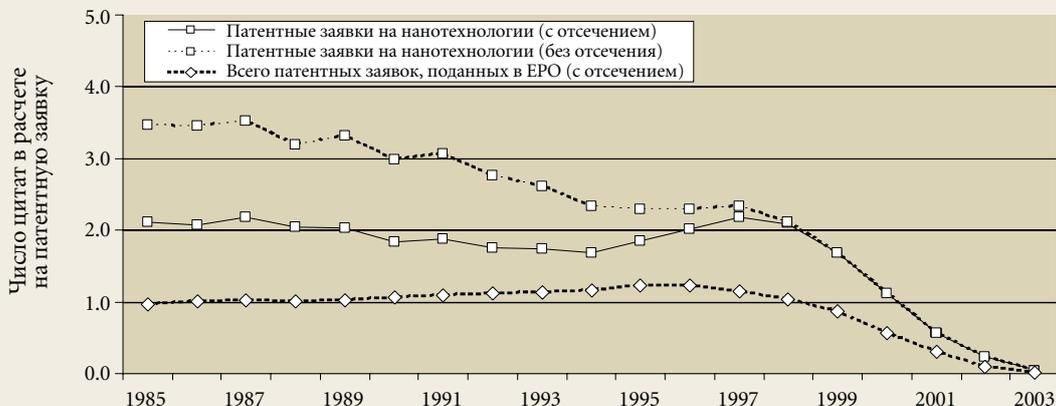
* Скользящие средние значения за три года.

нологии цитируются чаще, чем патентные заявки ЕРО в целом. В 1985 г. показатель отсеченного прямого цитирования патентных заявок на нанотехнологии был примерно вдвое выше, чем соответствующая цифра для всех патентных заявок, поданных в ЕРО. Затем разрыв начал снижаться и в 1994 г. достиг минимума. В период 1994–1998 гг. наблюдается резкий рост показателя: в 1998 г. патентные заявки на нанотехнологии цитировались в два раза чаще, чем средняя патентная

заявка ЕРО. Тенденция к снижению, отмеченная после 2000 г., вероятно, объясняется ограниченностью исходных данных.

Высокий уровень цитирования патентных заявок на нанотехнологии является свидетельством их технологической либо экономической ценности⁸. Средние показатели цитирования заявок по шести областям практического применения приведены на рис. 20. Лидирует в плане прямого цитирования категория «Медицина и

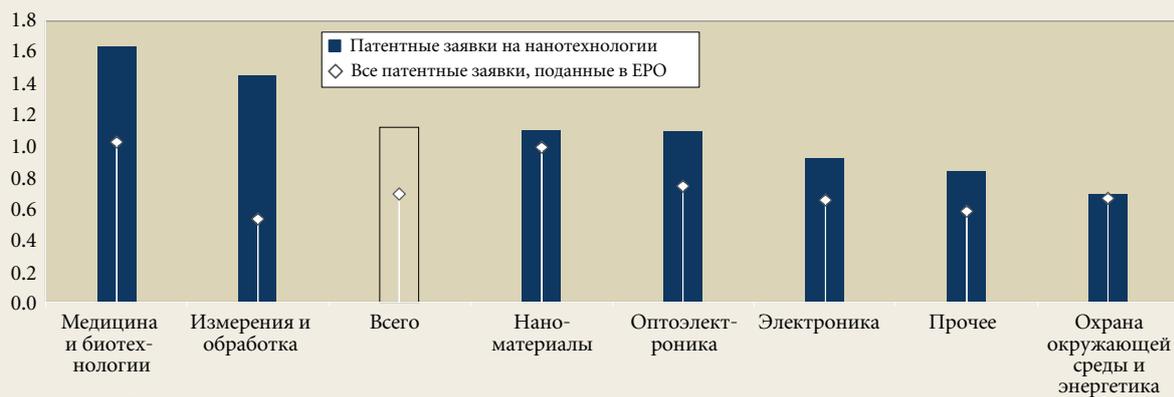
Рис. 19. **Динамика прямого цитирования (в среднем на патентную заявку)***



* Подсчитаны все прямые цитаты за пять лет после даты приоритета. Скользящие средние значения за три года.

⁸ За тот же период среднее число прямых цитирований для патентных заявок на ИКТ равнялось 0.7, для патентных заявок на биотехнологии – 1.34. Технологии были выявлены по базовым кодам МПК [OECD, 2006].

Рис. 20. Среднее число прямых цитирований патентных заявок на нанотехнологии (за период 1995–2003 гг.)*



* Без отсечения периода прямого цитирования.

биотехнологии». Показатель цитирования патентных заявок категории «Измерения и обработка» значительно выше среднего для патентов ЕРО. Это лишнее подтверждает тот факт, что нанотехнологии, используемые для измерений и обработки, играют критическую роль в разработке нанотехнологий других видов.

Лишь очень незначительное количество патентных заявок на нанотехнологии имеют шансы оказать серьезное влияние на разработку других нанотехнологий. На рис. 21а представлены оценки вероятности $P(k)$, с которой патентные заявки на нанотехнологии могут получить k прямых цитат. На нынешнем этапе примерно половина патентных заявок вообще никогда не цитировались. Патентные заявки, цитировавшиеся 4 или менее раз, составляют около 90%. Максимальный показатель прямого цитирования равен 53. Менее 1% патентных заявок на нанотехнологии цитируются 15 или более раз.

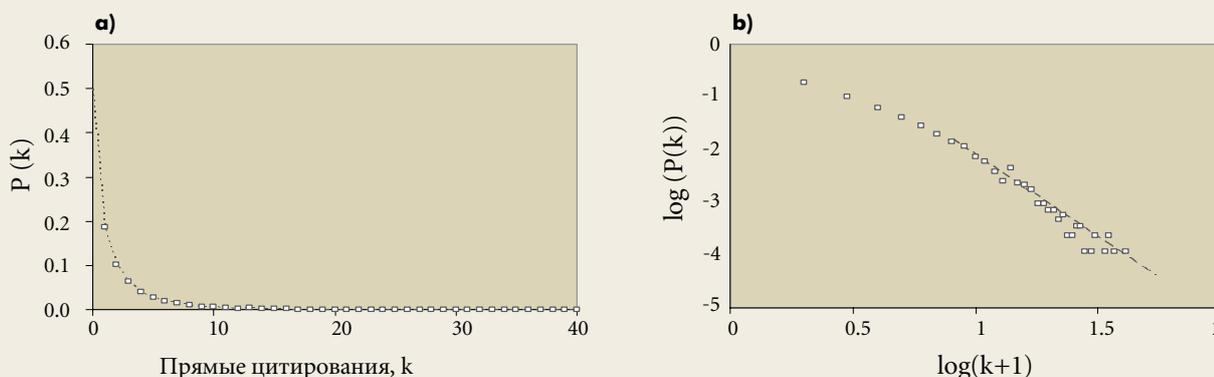
Сеть цитат в патентных заявках на нанотехнологии является безмасштабной [Newman et al., 2006]. Предварительная оценка распределения прямых цитат в патентных заявках на нанотехнологии показывает, что вероятность появления патентных заявок на на-

нотехнологии с уровнем прямого цитирования k падает как функция k со степенной зависимостью экспоненты порядка 3 (рис. 21b). Смещенный профиль предполагает наличие механизма предпочтительного выбора в патентном цитировании, т.е. «богатые становятся богаче»⁹. Является ли это свидетельством критической важности часто цитируемых патентных заявок или просто отражает склонность патентных экспертов к цитированию одних и тех же заявок? Анализ сетей цитирования в патентных заявках на нанотехнологии позволит получить более четкое представление о роли активно цитируемых патентных заявок в развитии нанотехнологий.

Отраслевая структура прямого цитирования

Самый высокий уровень цитирования патентных заявок отмечен в секторе высшего образования: примерно 10% патентных заявок на нанотехнологии, поданных его учреждениями, имеют показатель прямого цитирования 5 или выше (рис. 22). Около 1% патентных заявок на нанотехнологии цитируются 11 или более раз. Естественно, максимальное число часто цитируемых патентных заявок на нанотехнологии приходит-

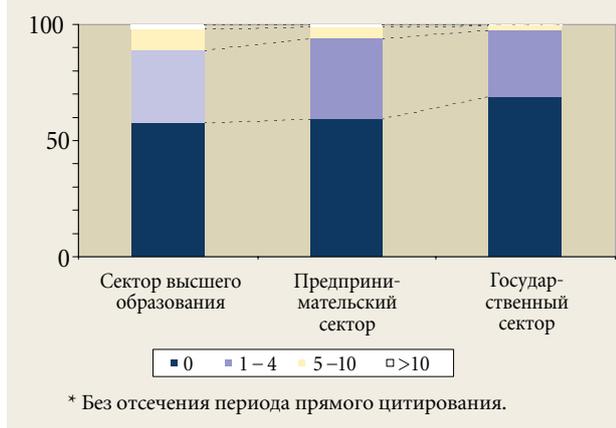
Рис. 21. а) Вероятность $P(k)$ патентных заявок на нанотехнологии получить число k прямых цитирований; б) график в двойном логарифмическом масштабе (за период 1978–2005 гг.)*



* Без отсечения периода прямого цитирования.

⁹ Два механизма играют критическую роль в появлении безмасштабных сетей [Barabási, Albert, 1999]. Во-первых, такие сети должны постоянно расти за счет регулярного добавления новых патентных заявок. Во-вторых, количество новых цитирований патентных заявок пропорционально числу уже имеющихся цитирований; этот процесс называют «предпочтительным выбором».

Рис. 22. **Распределение числа прямых цитирований по секторам (за период 1995–2003 гг., %)***



ся на долю предпринимательского сектора – ведь, как показано на рис. 5 (см. первую часть статьи. – Прим. ред.), входящие в него компании подают 80% всех патентных заявок в этой области. Однако сравнительно высокая доля часто цитируемых патентных заявок является свидетельством критически важной роли сферы высшего образования в создании и организации потоков знаний в области нанотехнологии.

Связь между широтой применения технологии и прямым цитированием

Число кодов МПК может служить индикатором технологической открытости. Как правило, в патентных заявках упоминается некоторое количество кодов МПК для указания областей применения технологии. Чтобы это количество не было чрезмерным, применяются определенные правила – например, правило «первого места» или правило «последнего места»¹⁰. Однако, если патентная заявка подается на фундаментальное изобретение с широким спектром потенциального применения, трудно ограничиться небольшим набором кодов МПК. В целом, если технология имеет широкую сферу практического применения, то в патентной заявке указывается большее число кодов МПК.

Спектр применения технологии выступает также индикатором технологической (экономической) ценности изобретения, выраженной в его потенциальном влиянии на более широкий круг технологий. Нами была проанализирована связь между широтой применения технологий и прямым цитированием. На рис. 23 приведено среднее количество прямых цитат как функция числа областей применения технологий. Чтобы нейтрализовать эффект отсечения, были подсчитаны все прямые цитаты за пять лет после даты приоритета. Расширение набора областей применения почти во всех случаях оказывало положительный эффект на количество прямых цитат, за исключением «Оптоэлектроники». Разница в уровне прироста по областям

применения отражает различную степень влияния широты применения изобретений на их технологическую или экономическую ценность¹¹.

Заключение

Представленный анализ преследует цель оценить текущее состояние изобретательской активности в сфере нанотехнологий на основе изучения массива патентных заявок, поданных в ЕРО. Нами документировано современное состояние нанотехнологий, отмечена имевшая место в последние годы интенсификация технологического развития, выявлена сильная связь между научной и изобретательской деятельностью.

Нанотехнология: не единая технологическая область, а совокупность технологий нанометрового уровня

В исследовании изложено современное представление о нанотехнологии. Нанотехнология многогранна и представляет собой не единую технологическую область, а совокупность различных технологий, применяемых на нанометровом уровне. Они охватывают такие категории, как: «Электроника», «Оптоэлектроника», «Медицина и биотехнологии», «Измерения и обработка», «Охрана окружающей среды и энергетика» и «Наноматериалы».

Большая часть нанотехнологий, особенно в области электроники и оптоэлектроники, создаются «сверху вниз» – наноструктуры разрабатываются путем совершенствования или развития существующих технологий. Активного взаимодействия между такими (созданными «сверху вниз») нанотехнологиями не наблюдается, поскольку в большинстве случаев технологическое развитие происходит в пределах соответствующих областей. Эти технологии увеличивают совокупный объем знаний, и их социально-экономический эффект обычно проявляется уже в кратко- и среднесрочной перспективе.

Другая группа нанотехнологий создается «снизу вверх». В последнее десятилетие они развивались особенно интенсивно благодаря таким научным открытиям, как углеродные нанотрубки и фуллерены. Отмечено также более активное развитие нанотехнологий «снизу вверх» в группе «Измерения и обработка».

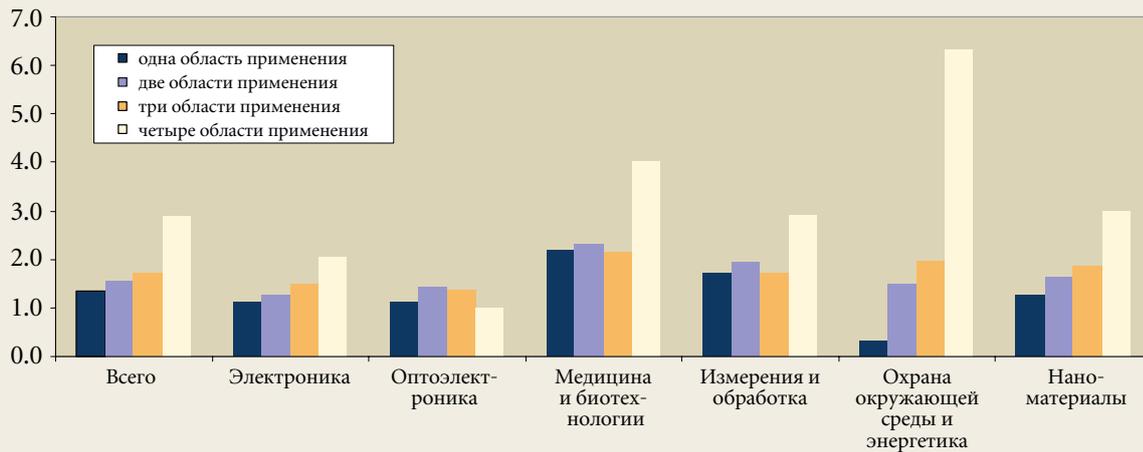
На текущем этапе нанотехнологии, создаваемые «снизу вверх», скорее всего, не найдут широкого практического применения. Их эффект в социальной и экономической сферах проявится лишь в более долгосрочной перспективе. Например, в последних исследованиях по прогнозированию технологического развития Японии повседневное использование устройств с одноэлектронной памятью прогнозируется на 2025 г. [NISTEP, 2005].

Нанотехнологии не только охватывают широкий спектр различных технологических процессов, но и стимулируют развитие исследований во многих обла-

¹⁰ Правило «первого места»: в некоторых частях МПК, когда применяется это правило, область технического применения изобретения указывается в соответствии с первым по порядку в данной части классификации. Если в патентной спецификации указываются несколько областей технического применения, правило применяется в каждом случае отдельно. Правило «последнего места»: в некоторых частях МПК, когда область применения относится к нескольким категориям одного уровня, техническое применение изобретения указывается в соответствии с последним по порядку в данной части классификации.

¹¹ Приведенные результаты представляют собой лишь первую попытку исследовать связь между широтой применения изобретений и прямым цитированием соответствующих патентов. Для обоснования результатов необходим дополнительный анализ. Сравнение патентов на нанотехнологии со всей совокупностью патентов ЕРО покажет, присущи ли выявленные тенденции исключительно патентным заявкам на нанотехнологии.

Рис. 23. **Распределение числа прямых цитирований по областям применения изобретений (за период 1978–2002 гг.)***



* Подсчитаны прямые цитаты за пять лет после даты приоритета.

стях. Высокий уровень цитирования патентных заявок на нанотехнологии свидетельствует об их значительной технологической и экономической ценности.

Активизация изобретательства в области нанотехнологий в последние годы

Количество патентных заявок на нанотехнологии, поданных в ЕРО, стабильно росло с 1980-х гг., за исключением короткого периода стагнации в начале 1990-х. Этот рост – особенно значительный в конце 1990-х гг. – превышает среднюю динамику потока патентных заявок в ЕРО.

Доли Соединенных Штатов, Европейского Союза и Японии в составе патентных заявок на нанотехнологии, поданных в ЕРО, почти одинаковы; вклад США и Японии в массив патентных заявок на нанотехнологии выше, чем их удельные веса в общем числе патентных заявок, поданных в ЕРО.

На данном этапе прогресс нанотехнологий в значительной степени зависит от уровня технологического развития стран и накопленного ими объема научных знаний. Япония лидирует в таких областях, как «Электроника», «Оптоэлектроника», «Охрана окружающей среды и энергетика». Соединенные Штаты демонстрируют наивысшие показатели в «Медицине и биотехнологии», «Измерениях и обработке», «Наноматериалах». Доли стран (кроме Европейского Союза) в общем количестве патентных заявок на нанотехнологии в каждой области применения напрямую связаны с числом поданных ими патентных заявок на нанотехнологические изобретения в тех же областях.

Растет вклад и других стран в изобретения в области нанотехнологий, особенно Кореи, которая занимает четвертое место в категории «Электроника». Растущая роль Китая, выявленная через анализ научной литературы [Zhou, Leydesdorff, 2006; Igami, Saka, 2007], в ходе нашего исследования отмечена не была. Возможно, это объясняется лагом времени между активизацией изобретательской деятельности и трансформацией этого процесса в научные знания, отражаемые библиометрическими индикаторами.

Сфера высшего образования и государственный сектор являются важными источниками знаний в об-

ласти нанотехнологий. Доли таких организаций в потоке патентных заявок на нанотехнологии заметно выше их показателей для всех патентных заявок, поданных в ЕРО. Роль этих секторов особенно возросла с середины 1990-х гг. Поскольку национальные системы научных исследований, технологических разработок и инновационной деятельности отличаются друг от друга, конкретный вклад учреждений высшего образования и государственного сектора в развитие нанотехнологий в разных странах варьируется. Максимальная доля государственного сектора отмечается во Франции и Японии. Сфера высшего образования обладает сравнительно высокой долей в Великобритании, США и Нидерландах. Удельный вес частного некоммерческого сектора выше всего в Германии.

Наука стимулирует технологическое развитие разными способами

Анализ цитирования непатентной литературы показывает, насколько важно взаимодействие между научной и изобретательской деятельностью в области нанотехнологий. Разнообразие форм взаимодействия между этими двумя видами деятельности обуславливает необходимость гибкого стимулирования исследований и разработок с учетом специфики конкретных технологических направлений.

Можно выделить три типа такого взаимодействия. Во-первых, в определенных ситуациях научные исследования дают первоначальный импульс изобретательству, «пришпоривают» его. На долю подобных технологий приходится относительно большая часть непатентной литературы на первой стадии развития (например, в области полупроводниковых устройств). Во-вторых, есть технологии, которые постоянно «подпитываются» наукой: об этом свидетельствует почти постоянная доля посвященной им непатентной литературы. Примеры тому – системы доставки лекарственных веществ к участку действия или использование двуокиси титана для защиты от ультрафиолетового излучения. Наконец, применительно к определенным технологиям роль науки возрастает с течением времени (в частности, это относится к углеродным нанотрубкам).

Научные исследования играют критически важную роль в создании и организации потоков знаний в области нанотехнологии. Оценка лагов цитирования выявила значительное их сокращение после научных прорывов, например открытия углеродных нанотрубок. Заметная часть высокоцитируемых патентных публикаций принадлежит сектору высшего образования.

Направления дальнейших исследований

В настоящей публикации выявлены основные характеристики изобретательской деятельности, ведущей к созданию нанотехнологий. Однако ждут исследования еще и ряд других вопросов.

Заслуживает внимания тема факторов, обусловивших ускорение развития нанотехнологий в последние годы, несмотря на общее замедление процесса подачи заявок в ЕРО. Является ли эта тенденция результатом национальной научно-технической политики или стратегии компаний? Выявление корреляции между индикаторами науки (например, валовыми внутренними расходами на исследования и разработки) и представленными нами результатами может пролить свет на этот вопрос.

Другое возможное объяснение связано с технологической эволюцией. Может быть, последовательные научные или технологические прорывы стимулировали изобретательскую активность в области нанотехнологий, особенно создаваемых «снизу вверх»? Следует проследить эволюцию нанотехнологии через сведение воедино информации о прямом и обратном цитировании. Такой анализ даст возможность выявить связи между патентными заявками на нанотехнологии и проследить динамику этих связей. Схема, иллюстрирующая связи между нанотехнологическими патентами (т.е. картирование патентных заявок на нанотехнологии) [Börner et al., 2003; Boyack, 2004; Chen, 1999; Chen, Paul, 2001; Shiffrin, Börner, 2004; Mane, Börner, 2004], позволила бы пролить свет на взаимодействие между нанотехнологиями, создаваемыми «снизу вверх» и

«сверху вниз». Оценка лагов поможет выявить динамику этого процесса.

Проследив технологические цепочки с помощью анализа цитирования, можно будет выяснить, действительно ли часто цитируемые патентные заявки играют роль в создании новых нанотехнологий или же они цитируются просто в качестве известных технических решений как основание для отказа в выдаче новых патентов. Картирование также поможет понять, каким образом научные исследования и технологические разработки взаимодействуют друг с другом и совместно эволюционируют [Murray, 2002].

Весьма многообещающим является и эконометрический анализ. В нашем исследовании высказывается предположение, что широта применения технологии является индикатором ее технологической или экономической ценности. Предпринимались многочисленные попытки определить ценность патентных заявок с использованием самых разных индикаторов [Lanjouw, Schankerman, 1999; Harhoff et al., 1999; 2003; Henderson et al., 1998; Jaffe et al., 2000]. Выявление важных детерминант экономической и технологической ценности нанотехнологических патентов среди различных индикаторов (обратное цитирование, связь с наукой и т.п.) может помочь в оценке патентов.

Наконец, следует подчеркнуть, что нами рассматривались лишь патентные заявки, поданные в ЕРО (напрямую и через РСТ). Поэтому полученные результаты не обязательно репрезентативны по отношению к мировым тенденциям. Возможно, была недооценена деятельность неевропейских стран, в первую очередь США и азиатских государств. Как анализ нанотехнологических патентов в триадных семействах патентов-аналогов, так и использование Мировой статистической базы данных по патентам (World Statistical Patent Database – PATSTAT), которую ведет ЕРО, способствовали бы более глубокому и полному пониманию глобальных процессов создания и организации потоков знаний в области нанотехнологии.

- Barabási A.L., Albert R. Emergence of Scaling in Random Networks / *Science*, 1999, v. 286, p. 509–512.
- Börner K., Chen C., Boyack K.W. Visualizing Knowledge Domains / *Annual Review of Information on Science and Technology*, 2003, № 37, p. 179–255.
- Boyack K.W. Mapping Knowledge Domains: Characterizing PNAS / *PNAS*, 2004, v. 101, № 1, p. 5192–5199.
- Chen C. Visualising Semantic Spaces and Author Co-citation Networks in Digital Libraries / *Information Processing & Management*, 1999, № 53, p. 401–420.
- Chen C., Paul R.J. Visualising a Knowledge Domain Intellectual / *Computer*, 2001, v. 34, № 3, p. 6571.
- Deurenberg R. Journal Deselection in a Medical University Library by Ranking Periodicals Based on Multiple Factors / *The Bulletin of the Medical Library Association*, 1993, v. 81, № 3, p. 9–316.
- Hall B.H., Jaffe A.B., Trajtenberg M. The NBER Patent Citations Data File: Lessons, Insights and Methodological Tools. NBER Working Paper № 8498. 2001.
- 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, № 32, p. 1343–1363.
- 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.
- 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.
- 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.
- Lanjouw J. O., Schankerman M. The Quality of Ideas: Measuring Innovation with Multiple Indicators. NBER Working Paper № W7345. 1999.
- Mane K.K., Börner K. Mapping Topics and Topic Bursts in PNAS / *PNAS*, 2004, v. 101, № 1, p. 5287–5290.
- Meyer M. Are Patenting Scientists the Better Scholars? An Exploratory Comparison of Inventor-authors with their Non-inventing Peers in Nanoscience and Technology / *Research Policy*, 2006a, № 35, p. 1646–1662.
- Narin F., Hamilton K.S., Olivastro D. The Increasing Linkage between U.S. Technology and Public Science / *Research Policy*, 1997, № 26, p. 317–330.
- Newman M., Barabasi A.L., Watts D.J. The Structure and Dynamics of Networks. In: *Princeton Studies in Complexity*. Princeton University Press, 2006.
- NISTEP. Science and Technology Foresight Survey, Delphi Analysis. Report № 97. 2005.
- OECD. Compendium of Patent Statistics. Paris, 2006.
- Shiffrin R.M., Börner K. Mapping Knowledge Domains / *PNAS*, 2004, v. 101, № 1, p. 5183–5185.
- Zhou P., Leydesdorff L. The Emergence of China as a Leading Nation in Science / *Research Policy*, 2006, № 35, p. 83–104.