

## АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ДИНАМИКИ МИРОВОГО РЫНКА НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Ю.О. Коротченкова, Б.С. Серебренников\*

В статье анализируются современное состояние и основные особенности динамики рынка патентов и лицензий, нанопродуктов, характер инвестиционной деятельности на этом рынке, рассмотрены некоторые аспекты подготовки специалистов в сфере нанотехнологий. Результаты работы могут найти применение при оценке тенденций и прогнозировании развития рынка нанотехнологий, в частности, в Украине и Республике Беларусь.

**Ключевые слова:** нанотехнологии, рынок патентов, инвестиции, подготовка специалистов.

**JEL-классификация:** L60; O14; L24.

### *Постановка проблемы*

Нанотехнологии – междисциплинарная область фундаментальной и прикладной науки, в которой изучаются закономерности физических и химических систем протяженностью порядка нескольких нанометров или долей нанометра. Нанотехнологии основаны на манипуляции отдельными атомами и молекулами для построения материалов с заданными свойствами. В отсутствие единого подхода к определению дефиниции *нанотехнология* (Ваучский, 2011) правильно, тем не менее, обозначать этим термином технологию, основанную на целенаправленной манипуляции отдельными атомами и молекулами для построения сложных структур различных веществ и создания миниатюрных технических устройств.

Поскольку средства и предметы труда, изготовленные из материалов и веществ, выступают как фактор материального производства, нанотехнологии могут вызвать новую технологическую и экономическую революцию. Поэтому объем инвестиций в

отрасль нанотехнологий демонстрирует устойчивый рост в отличие от традиционных производственных отраслей. На сегодня около трети мировых инвестиций здесь приходится на США, 20% составляет доля Японии, 15% – стран ЕС.

На рубеже XX и XXI вв. нанотехнологии приобрели стратегическое значение для инновационного развития ведущих стран мира. С каждым годом количество научных работ в области нанотехнологий увеличивается втрое. При этом изучению экономических аспектов внедрения нанотехнологий уделено значительно меньшее внимание. Так, Р. Липси и др. доказывают, что потенциал использования нано- и биотехнологий для достижения устойчивого экономического роста почти безграничен (Lipsey et al., 2005). Отмечается, что нанотехнологии будут способствовать решению сложных общемировых проблем, в частности энергосбережения, экологии и здравоохранения. Такие значительные социо-экономические ожидания обусловили быстрый рост государственных и частных инвестиций в научно-исследовательские и опытно-конструк-

\* Коротченкова Юлия Олеговна (julia.korotchenkova@gmail.com), аспирант кафедры международной экономики Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт» (г. Киев, Украина);

Серебренников Богдан Сергеевич (bs.serebrennikov@gmail.com), кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры международной экономики Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт».

торские разработки в области нанотехнологий. Возврат вложенных средств ожидается благодаря значительному росту рынка товаров, связанных с нанотехнологиями. Индустрия высокотехнологических товаров, включающая и нанотехнологическую отрасль производства, является ключевым источником развития производственного сектора мировой экономики. Важнейшим индикатором экономической ценности нанотехнологий является объем рынка товаров, произведенных с их использованием. По перспективным оценкам, объем общемирового рынка возрастет в 3,1 трлн долл. США к 2015 г. в сравнении со 150 млрд долл. в 2010 г., что может создать дополнительно до 2 млн рабочих мест по всему миру. Нанотехнологии, в случае их широкого использования, способны сделать значительный вклад в улучшение потребительских свойств многих имеющихся на рынке товаров или привести к производству совершенно новых.

Нанотехнологии открывают реальные возможности для дальнейшего технологического и экономического прогресса в различных областях производства и потребления современного общества, в том числе в создании и производстве разнообразных функциональных материалов, обладающих определенными заданными физико-химическими свойствами. Перспективные области приложения нанотехнологий охватывают машиностроение, электронику и информатику, химическую промышленность, энергетику и транспорт, сельское хозяйство и производство пищевых продуктов, оборонный комплекс, медицину, экологию и др.

При этом нанотехнологии не относятся к промышленной отрасли, которая могла бы быть легко идентифицирована и количественно оценена. Количественным аспектам оценки эффективности внедрения в отрасль нанотехнологий уделялось определенное внимание (Хульман, 2009; Heinze, 2004; Marinova, McAleer, 2003; Palmberg et al., 2009), однако проведенный анализ основывался исключительно на данных патентных баз и научных публикаций. Как следствие, комплексный методический инструментарий и экономико-математический анализ внедрения нанотехнологий в лите-

ратуре практически отсутствуют. В значительной мере это обусловлено тем, что количественно выразить именно «нанотехнологическую долю» в улучшенном качестве товара удастся далеко не всегда. Основным препятствием является почти полное отсутствие количественных показателей относительного вклада нанотехнологической составляющей в товарное качество продукции. Как следствие, исследования, посвященные экономическим аспектам использования нанотехнологий, в частности с применением количественных индикаторов, представляются актуальными.

В данной работе анализируются современное состояние и динамика мирового рынка нанопродуктов в выделенных его основных сегментах – рынка патентов и лицензий, рынка нанотехнологической продукции, рынка инвестиций и высокотехнологического капитала, рынка специалистов в области нанотехнологий.

### *Рынок патентов и лицензий*

Огромное значение нанотехнологий отражается в постоянно возрастающем в последние годы количестве подаваемых и выданных в этой области патентов и лицензий. Учитывая растущий интерес к патентованию нанотехнологий, три крупнейших патентных ведомства – Ведомство по патентам и товарным знакам США (US Patent and Trademark Office – USPTO), Европейское патентное ведомство (European Patent Office – EPO) и Патентное ведомство Японии (Japan Patent Office – JPO) – усовершенствовали свои классификационные системы и объединили все имеющие отношение к нанотехнологиям патенты в единый класс. В USPTO выделен класс 977, при этом все упоминаемые патенты снабжены перекрестными ссылками; EPO ввело класс Y01N, а JPO – ZNM (Игами, Окаки, 2008)<sup>1</sup>.

Анализ количества патентов, выданных USPTO за период с 1992 по 2012 г., свидетельствует, что патентная деятельность в сфере нанотехнологий развивается наибо-

<sup>1</sup> Электронная база данных USPTO. Patents and Trademarks (<http://www.uspto.gov/about/stats/index.jsp>).

лее динамично наряду со сферой информационной безопасности (Jordan et al., 2012).

Представление о вовлеченности в нанотехнологический инновационный процесс различных регионов мира можно получить по данным динамики изменения количества публикаций соответствующих патентов и лицензий по территориальной принадлежности авторов, представленных в табл. 1. Следует отметить возрастающую

роль дальневосточного региона за счет возросшей патентной активности Китая и Южной Кореи, а также снижения показателей США и Японии.

Сравнительные данные количества патентов, относящихся к различным категориям нанопродуктов, представлены на рис. 1. Обращает на себя внимание тот факт, что количество нанопродуктов (до 1000 в соответствии с приведенными ниже данными) существенно меньше количества выданных патентов в нанотехнологической отрасли (от 400 до 1400 для разных категорий товаров на рис. 1). Это может свидетельствовать о том, что коммерциализация нанотехнологических предложений все еще находится на начальных стадиях.

Данные патентных баз широко используются для описания сильных и слабых сторон технологического развития национальных экономик (Pavitt, 1999). Информация о патентах способствует выявлению ранних тенденций в развитии технологий, которые впоследствии могут оказать решающее влияние на рынок нанопродуктов. При этом анализ традиционно проводится в рамках «модели технологической прочности» (technological strengths model, TS) с выделением четырех индексов (Marinova, McAleer, 2002): 1) локальный индекс тех-

Таблица 1

Сравнение количества опубликованных патентов и лицензий в 2005 и 2011 гг. по территориальной принадлежности их авторов, %

Страна	2005 г.	2011 г.
США	64	53
Южная Корея	6	8
Япония	8	7
Германия	7	7
Франция	4	4
Китай	1	4
Тайвань	3	3
Канада	2	3
Великобритания	2	3
Австралия	1	2
Индия	1	1
Израиль	1	1
Испания	< 1	1
Россия	< 1	1

Источник. Jordan et al., 2012.

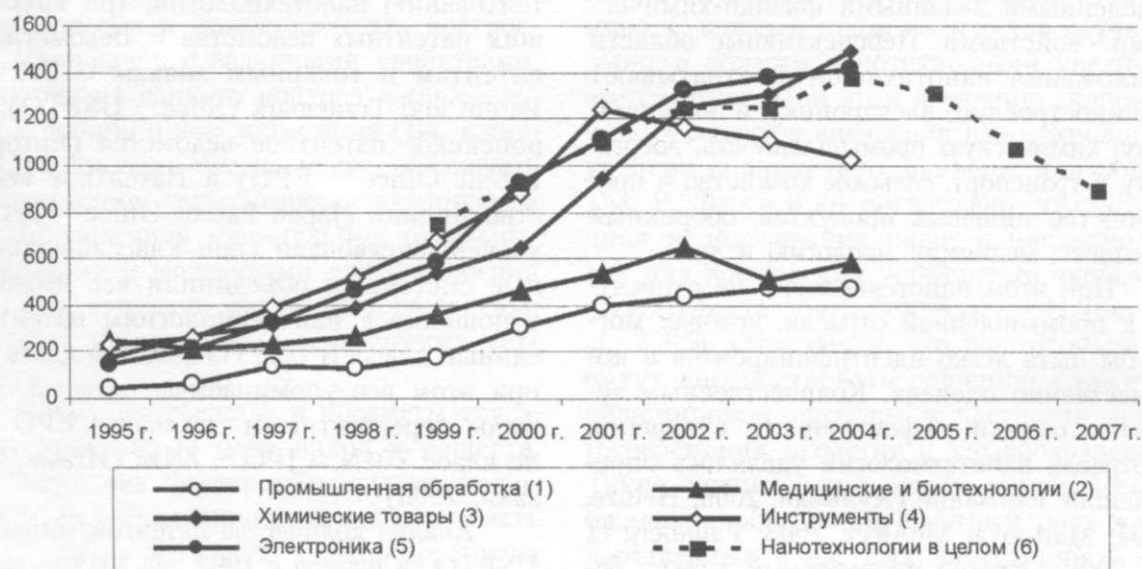


Рис. 1. Динамика количества выданных патентов, относящихся к основным категориям нанопродуктов (для стран – членов Организации европейского экономического сотрудничества).

Источник. Palmberg et al., 2009 (кривые 1-5); The impacts of nanotechnology on companies: Policy insights from case studies (<http://www.oecd.org/sti/inno/theimpactsfornanotechnologyoncompaniespolicyinsightsfromcasestudies.htm>) (кривая 6).



нологической специализации (technological specialisation index,  $TSI$ ), демонстрирующий преимущества местных технологий в сравнении с международным уровнем их развития; 2) глобальный индекс доли нанотехнологических патентов данной страны в общем количестве нанопатентов в мире (patents share,  $PS$ ); 3) индекс цитирования (citations index,  $CI$ ), характеризующий степень «полезности» данного патента для получения нового знания; 4) индикатор передачи патентов (rate of assigned patents,  $RAP$ ), свидетельствующий о степени близости патентов к конкретным требованиям коммерческого внедрения.

Указанные индексы можно выразить следующим образом (Marinova, McAleer, 2002):

$$TSI_{ij} = \frac{P_{ij} / \sum_i P_{ij}}{\sum_j P_{ij} / \sum_i \sum_j P_{ij}}, \quad (1)$$

где  $P_{ij}$  – количество патентов в отрасли  $i$  (нанотехнологии), выданных жителям страны  $j$  вследствие их изобретательской деятельности. Величина  $P_{ij} / \sum_i P_{ij}$  определяет относительное количество патентов в отрасли  $i$  для страны  $j$  в сравнении со всеми патентами, выданными жителям страны  $j$ . Наконец, величина  $\sum_j P_{ij} / \sum_i \sum_j P_{ij}$  соответствует количеству патентов в отрасли  $i$  для всех стран, отнесенному к суммарному количеству патентов всех отраслей для всех стран. Тем самым индекс  $TSI$  отражает прочность отрасли  $i$  (нанотехнологии) в стране  $j$  в сравнении с ее суммарной прочностью для всех стран. Если  $TSI_{ij} > 1$  для отрасли  $i$  в стране  $j$ , то технологическая прочность отрасли нанотехнологий на национальном уровне превышает международные стандарты. В целом, чем выше значение  $TSI_{ij}$ , тем значительнее технологическое преимущество в сфере нанотехнологий.

$$PS_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_j P_{ij}}, \quad 0 \leq PS_{ij} \leq 1, \quad (2)$$

где  $PS_{ij}$  – доля нанотехнологических патентов (отрасль  $i$ ) в стране  $j$  в общем количестве нанопатентов в мире ( $\sum_j P_{ij}$ ).

$$CI_{ij} = \frac{CP_{ij}}{P_{ij}}, \quad (3)$$

где  $CP_{ij}$  – количество цитирований нанотехнологических патентов в отрасли  $i$  (нанотехнологии) для страны  $j$ . Большее значение индекса  $CP_{ij}$  соответствует большей частоте цитирования.

$$RAP_{ij} = \frac{NP_{ij}}{P_{ij}}, \quad (4)$$

где  $NP_{ij}$  – количество нанотехнологических патентов (отрасль  $i$ ), передаваемых жителям страны  $j$ . Очевидно, что коэффициент  $RAP_{ij} = 0$ , если в страну  $j$  патенты отрасли  $i$  не передавались. Наоборот,  $RAP_{ij} = 1$  в случае, если количество переданных в страну  $j$  патентов отрасли  $i$  равно количеству патентов этой отрасли, произведенных внутри страны  $j$ . Очевидно, что коэффициент  $RAP$  может и превышать единицу, если  $NP_{ij} > P_{ij}$ .

Для примера проанализируем динамику изменения индексов  $PS$  и  $TSI$  за период с 1998 по 2010 г. для стран – лидеров отрасли в ЕС, американском и дальневосточном регионах, представленную на рис. 2. Индекс  $PS$  наибольший для США, хотя он существенно снизился за указанный период (с 52,8% в 2001 г. до 41,2% в 2010 г.). Индексы Канады и Бразилии не обнаруживают стойкой тенденции, изменяясь в пределах 1–2 и 0–0,3%, соответственно. Подобные тенденции наблюдаются и в ЕС. Индекс  $PS$ , в целом, оставался наибольшим для Германии (с максимальным значением 11,6% в 1999 г.), демонстрируя стойкую тенденцию падения. В итоге значение  $PS$  в Германии составило 4% в 2010 г., что оказалось ниже индекса Франции (5,3%). При этом последний изменялся в пределах от 3 до 5% за указанный период. Индекс  $PS$  в Великобритании обнаруживает падение в среднем от 4,5% на рубеже 2000-х годов до 3,2% в 2005–2010 гг. В дальневосточном регионе передовые позиции занимала Япония, индекс  $PS$  для которой снизился за период с 2008 по 2010 г. и сравнялся с показателем Южной Кореи (10,2 и 11,7% в 2010 г. для Японии и Южной Кореи соответственно). Следует отметить также, что индексы  $PS$  для Южной Кореи, КНР и Индии обнаруживают стойкую тенденцию

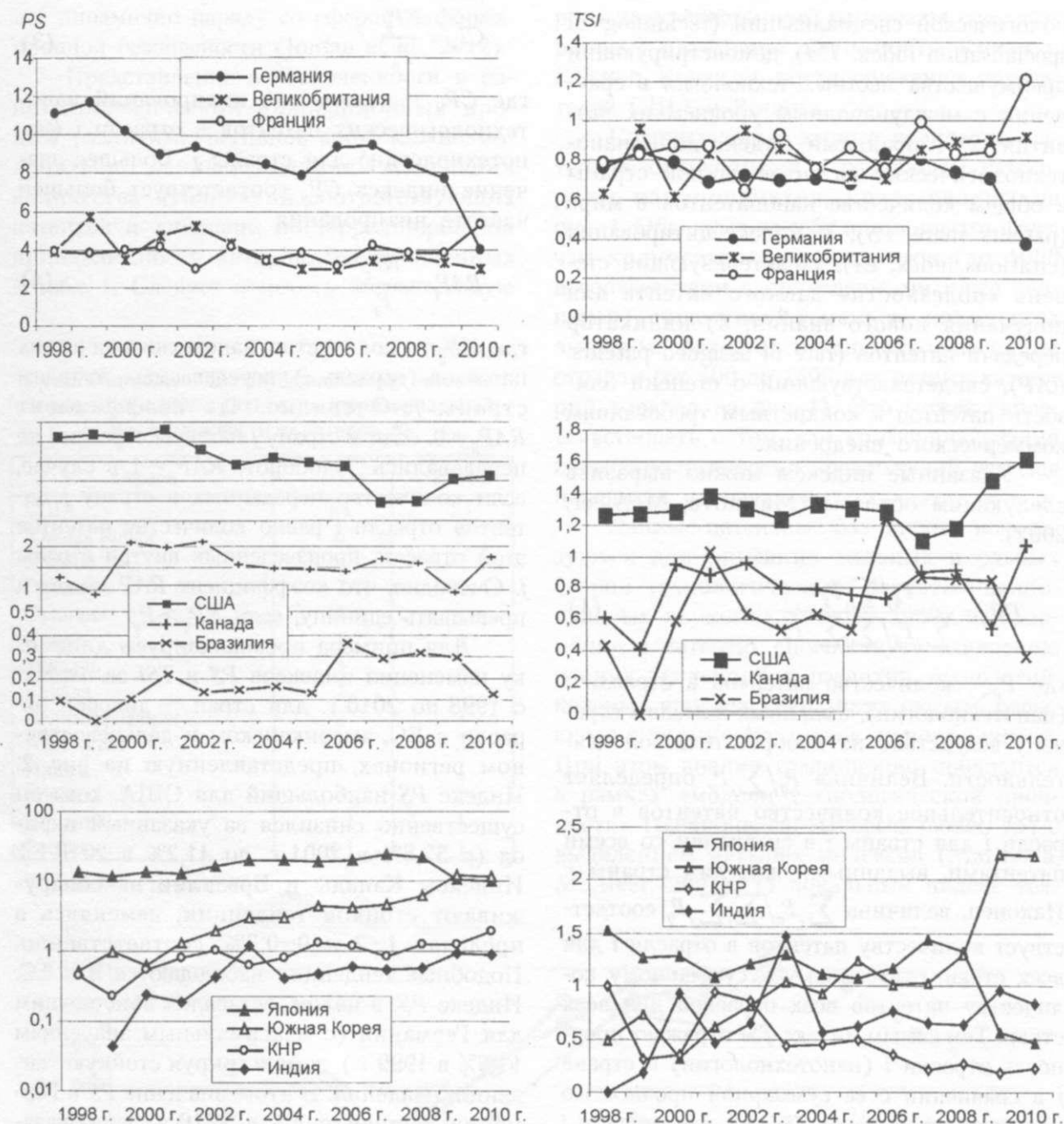


Рис. 2. Динамика изменения индексов *PS* (левая колонка) и *TSI* (правая колонка) для нанотехнологических патентов в странах – лидерах отрасли. Данные рассчитаны для патентов, поданных в стране проживания изобретателя по системе РСТ (Договор о патентной кооперации, Patent Cooperation Treaty).

Источник. Электронная база данных ОЭСР (<http://stats.oecd.org>), расчеты авторов.

роста за период с 1998 по 2010 г., что отличает эти страны от иных стран – лидеров отрасли.

Данные рис. 2 свидетельствуют, что индекс *TSI* для США (1,6 в 2010 г.), максимальный на американском континенте, не является наибольшим в мире. Значение индекса *TSI* для Южной Кореи, лидирую-

щей в этом рейтинге, составляло 2,2 в 2010 г. Динамика последних лет демонстрирует существенный прогресс Франции (0,8 в 2008 г. и 1,2 в 2010 г.) и падение рейтинга Германии (соответственно 0,7 и 0,4). Таким образом, Южная Корея, США и Франция в наибольшей степени концентрируют усилия в изобретательской деятель-

ности в сфере нанотехнологий и демонстрируют наибольшую прочность нанотехнологической отрасли.

### Рынок нанотехнологической продукции

Тенденции и динамика развития рынка нанотехнологий являлись предметом многочисленных исследований, проводимых начиная с 2000 г. различными компаниями в разных странах мира, в частности Национальным научным фондом США (NSF), компаниями LuxResearch, Business Communication Company (BCC), Cientifica, RNCONS. Их прогнозы традиционно считаются достаточно надежными. Хотя каждый из прогнозов базируется на разных методологиях оценки, все они прогнозируют очень быстрый рост рынка нанопродуктов. Наиболее оптимистический прогноз оценивает объем рынка в 3100 млрд долл. США в 2015 г., что, в целом, вообще превышает объем товарного производства США в 2007 г. (Palmberg et al., 2009). Для сравнения, эта величина примерно соответствует ожиданиям для рынка информационных и коммуникационных технологий (Хульман, 2009; Palmberg et al., 2009), в 10 раз превышая прогноз для быстро растущего сегодня рынка биотехнологий.

Данные по компаниям, деятельность которых связана с изготовлением нанопродуктов, систематизирована в ряде изданий, среди которых выделяются полнотой данные Nanovip International Nanotechnology Business Directory<sup>2</sup>. По состоянию на ноябрь 2008 г., данная директория идентифицировала 1608 компаний, работающих в нанотехнологической отрасли. В то же время поиск более детальной информации по составу и структуре компаний затруднен. Так, объем товарооборота компаний и количество их сотрудников остаются неизвестными. Следует также подчеркнуть, что попадание в эту директорию в значительной степени зависит от активности компании на американ-

ском рынке, что, естественно, искажает статистические данные для всего мира.

Распределение нанопродуктов по сегментам рынка в целом, без привязки к определенным компаниям, достаточно хорошо описано в литературе и представлено в табл. 2. Прогноз на 2015 г. приведен на рис. 3. Видно, что наиболее активно должен развиваться рынок нанопродуктов химического, электронного и медицинского назначения.

Согласно другим оценкам, прогнозируемый объем мирового рынка нанотехнологий в сегменте медицины и биотехнологий в 2014 г. составит 4,6 млрд долл. США, в сегменте энергетики – 6 млрд долл., электроники и информационных технологий –

Таблица 2

Основные сегменты мирового рынка нанотехнологической продукции по состоянию на 2009 г.

Сегмент	Доля рынка, %
Новые материалы	30–35
Полупроводники	18–25
Устройства хранения данных	15–20
Биотехнологии	9–14
Полимеры	6–12
Электрохимия	3–5
Оптика	2–4

Источник. Malanowski et al., 2006; Краткий обзор мирового рынка нанотехнологий в 2009 г. (<http://www.abercade.ru/research/analysis/5483.html>).



Рис. 3. Прогноз основных сфер использования нанопродуктов (доля рынка в %) на 2015 г.

Источник. Исследовательская компания «Abercade». Краткий обзор мирового рынка нанотехнологий в 2009 г. (<http://www.abercade.ru/research/analysis/5483.html>); The project on emerging nanotechnologies ([http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/analysis\\_draft/](http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/analysis_draft/)).

<sup>2</sup> Nanovip (<http://www.nanovip.com/>).



1,8 млрд долл. США, обрабатывающей промышленности и других сфер – 6,4 млрд долл.<sup>3</sup> В любом случае, можно сделать вывод о том, что данная отрасль будет преимущественно развиваться в направлении разработки новых материалов (табл. 2), которые могут найти применение в химико- и биотехнологической отраслях (включая медицинскую направленность), а также в электронике (рис. 3).

Наиболее детальный анализ сегментирования нанопродуктов и динамики рынка нанопродуктов проведен в рамках Проекта зарождающихся нанотехнологических отраслей центра Woodrow Wilson International Centre for Scholars в США. Опубликованные статистические данные были сформированы путем поиска в сети Интернет, с использованием ряда критериев, в частно-

сти выделялись легкодоступные для потребителей продукты, имеющие достоверные признаки использования нанотехнологий при их изготовлении (что подтверждалось данными производителя или другого источника). Первая версия данных появилась в марте 2006 г., последние дополнения были сделаны в марте 2011 г. Некоторые из данных представлены на рис. 4.

Видно, что за период с 2005 по 2010 г. перечень нанопродуктов вырос с 54 до 1317 единиц (рис. 4а). На рис. 4б представлено распределение продуктов по основным категориям, свидетельствующее о доминировании категории «Здоровье, фитнес», на которую в 2011 г. приходилось в общей сложности 738 нанопродуктов. В рамках каждой категории продукты распределяются по подкатегориям и лишь одна из категорий, «Режущий инструмент», включает единственную многофункциональную подкате-

<sup>3</sup> Краткий обзор мирового рынка нанотехнологий в 2009 г. (<http://www.abercade.ru/research/analysis/5483.html>).

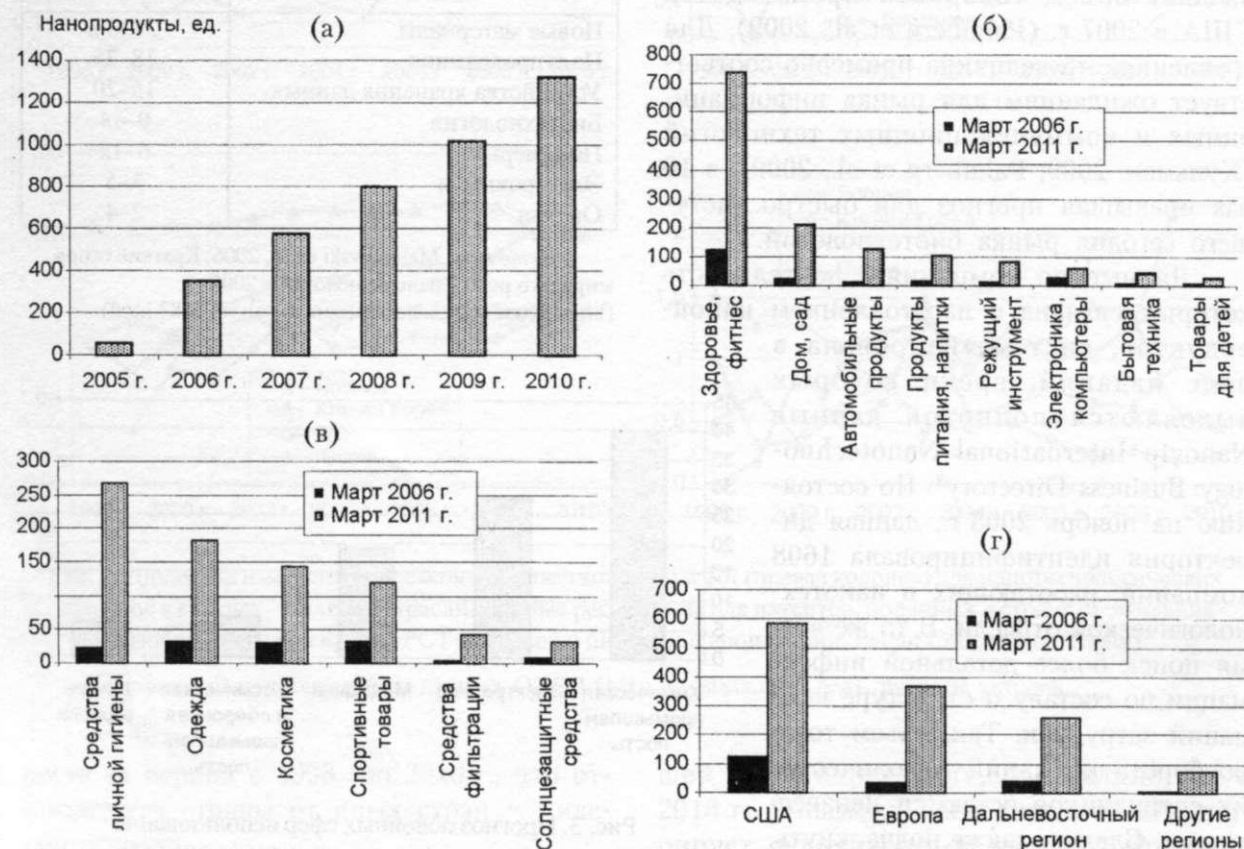


Рис. 4. Динамика изменения общего количества нанопродуктов за период с 2005 по 2010 г. (а), распределение их количества по основным категориям (б), по основным подкатегориям в категории «Здоровье, фитнес» (в) и по регионам происхождения (г).

Источник. The project on emerging nanotechnologies ([http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/analysis\\_draft/](http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/analysis_draft/)).

рис. 4в демонстрируется динамика изменения количества нанопродуктов в подкатегориях категории «Здоровье, фитнес». Видно, что в 2011 г. наибольшее количество продуктов относилось к средствам личной гигиены (267), хотя в 2006 г. доминировали нанопродукты подкатегорий «Одежда», «Косметика» и «Спортивные товары». Наибольшее количество нанопродуктов производится в США (587 в 2011 г.), на страны Европы (Великобритания, Франция, Германия, Финляндия, Швейцария, Италия, Швеция, Дания и Нидерланды) приходится 367 нанопродуктов, на Дальневосточный регион (Китай, Тайвань, Южная Корея и Япония) – 261, в других регионах (Австралия, Канада, Мексика, Израиль, Новая Зеландия, Малайзия, Таиланд, Сингапур и Филиппины) в 2011 г. произведено 73 нанопродукта. Интересной особенностью является выход европейских стран на вторую, после США, позицию данного списка в 2011 г. В 2006 г. страны Дальневосточного региона опережали Европу с количеством нанопродуктов 40 и 35 соответственно.

#### Рынок инвестиций и высокотехнологического капитала

В США и Европе еще в 1980-х годах проводились достаточно серьезные исследования наноматериалов с выделением значительных средств на разработки в области нанотехнологий. Национальная нанотехнологическая инициатива США (National Nanotechnology Initiative, NNI), вступившая в силу в 2001 г., положила начало глобальной гонке ведущих мировых экономик в сфере нанотехнологических исследовательских и прикладных программ.

Глобальные инвестиции в развитие нанотехнологий в мире в докризисном 2007 г. составили около 13,6 млрд долл. США с прогнозируемым повышением до 115 млрд долл. в 2012 г.<sup>4</sup> Лидерами в области использования нанотехнологий являются США и Япония. Доля американского рынка в 2005 г. составляла 0,9 млрд долл., а прогноз на 2013 г. – 2,7 млрд долл., что соответствует среднему годовому приросту на

30%. США также лидируют в размере капиталовложений в рынок нанотехнологий, который достиг в 2005 г. 28% общемирового объема. При этом доля Японии составила 24%, а западноевропейских стран – чуть менее 24%. Около 20% инвестиций приходится на долю Китая, Южной Кореи, Канады и Австралии (Youtie et al., 2008).

Воспользуемся данными «The working party on nanotechnology (WPN)», полученными при опросе организаций и лиц, формирующих политику в сфере нанотехнологий, и покрывающими временной период 2005–2010 гг. Отметим, что данные WPN преимущественно показывают объемы инвестиций в государственный сектор экономики, лишь частично включая инвестиции частных компаний. Данные, собранные WPN за период 2005–2010 гг., представлены на рис. 5. Они свидетельствуют о доминирующей роли США, Японии, Южной

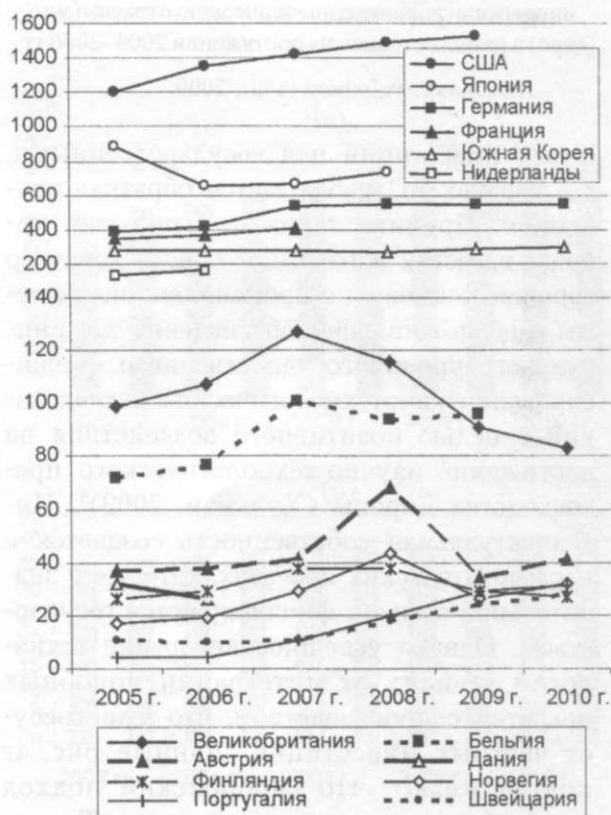


Рис. 5. Объем государственных инвестиций (млн долл. США) в нанотехнологическую отрасль по странам за период 2005–2010 гг.

Источник. Working party on nanotechnology (<http://www.oecd.org/sti/sci-tech/oecdworkingpartyonnanotechnology.htm>).

<sup>4</sup> The world nanotechnology market (<http://www.reportlinker.com/p045780/The-World-Nanotechnology-Market.html>).



Кореи и ряда стран ЕС (Германии, Франции и Нидерландов) по объему государственных инвестиций в нанотехнологии.

Интересно также проследить соотношение частных и государственных инвестиций в нанотехнологическую отрасль в разных странах. Соответствующие показатели приведены на рис. 6.

Видно, что США и Япония характеризуются существенным преимуществом ча-

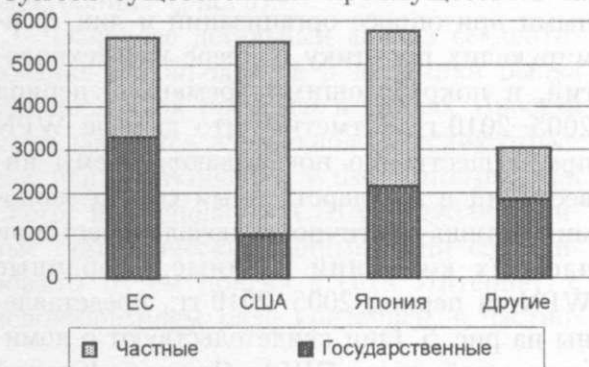


Рис. 6. Соотношение частных и государственных инвестиций в нанотехнологическую отрасль (млн евро) в разных странах на протяжении 2004–2006 гг.

Источник: Palmberg et al., 2009.

стных инвестиций над государственными, а в странах ЕС наблюдается обратная тенденция. Причина таких особенностей хорошо известна и отражает общий характер европейской научно-промышленной системы, предполагающей обеспечение доминирующего уровня государственного финансирования нанотехнологических исследований с целью позитивного воздействия на достижение научно-технологического превосходства Европы (Хульман, 2009)<sup>5</sup>. Интеллектуальная собственность создается в исследовательских проектах, которые в значительной степени финансируются государством. Однако успешное внедрение технологий зависит от интеграции подобных проектов с производством, что уже требует частных инвестиций. Данные рис. 4г подтверждают, что европейский подход может быть достаточно успешным. Тем не менее интеграция нанотехнологических проектов с производством в странах Европы требует углубления. С другой стороны,

США, в отличие от Европы, традиционно вкладывают значительную долю государственного финансирования в разработку нанотехнологий для оборонного сектора.

### Рынок специалистов в области нанотехнологий

Особенность нанотехнологий заключается том, что они не являются каким-либо отдельным производственным сектором, а фактически распределены по многим из них. Причем использование нанотехнологий предполагает внедрение новых революционных производственных процессов и разработку продуктов, обладающих новыми потребительскими качествами. Это выдвигает повышенные требования к уровню подготовки профессионально ориентированных специалистов, обладающих необходимыми компетенциями и навыками организации и проведения междисциплинарных исследований; определяет необходимость динамичного и сбалансированного развития образовательного сегмента нанотехнологической сети, ориентированной на все уровни кадрового обеспечения нанотехнологического сектора. Наличие квалифицированного персонала является одной из важнейших предпосылок функционирования компаний в этом секторе экономики, что, например, демонстрируют результаты опросов в Германии (Malanowski et al., 2006). Респондентов попросили оценить важность восьми препятствий для внедрения нанотехнологических инноваций по четырехбалльной шкале. Проблемы финансирования выступают в качестве основных барьеров. За ними непосредственно следует отсутствие квалифицированного персонала и партнеров по сотрудничеству, в то время как наличие информации о нанотехнологиях и потенциал рынка имеют меньшую значимость. Наконец, законодательство образует значительно меньший барьер, чем можно было ожидать.

Проведенные исследования позволяют выделить следующие существенные черты образования и обучения в областях наноуки и нанотехнологий: а) междисциплинарность; б) фундаментальность, которая означает, что в основе лежит базовое естественнонаучное образование; в) непрерывность:

<sup>5</sup> Presidency Conclusions. Barcelona European Council, 15 and 16 March 2002 ([http://www.consilium.europa.eu/ueDocs/cms\\_Data/docs/pressData/en/ec/71025.pdf](http://www.consilium.europa.eu/ueDocs/cms_Data/docs/pressData/en/ec/71025.pdf)).

от школы к университету и далее в научные исследования или практическую деятельность (технологии и бизнес); г) широкая кооперация между учебными и исследовательскими институтами и производством (Надеждин, 2010).

По оценке Национального научного фонда США, к 2015 г. в секторе нанотехнологий по всему миру потребуется около 2 млн работников, причем на долю США придется 0,8-0,9 млн, Японии – 0,5-0,6, Европы – 0,3-0,4, на Дальневосточный регион (за исключением Японии) – 0,2, другие регионы – 0,1 млн. Дополнительно будет создано 5 млн вспомогательных рабочих мест, или в среднем 2,5 рабочих места на одного работника сферы нанотехнологий (Росо, 2003а). Экстраполируя предыдущий опыт в сфере информационных технологий, где на каждого работника приходится в среднем еще 2,5 рабочих места в смежных областях, потенциал нанотехнологий оценивался в дополнительные 5 млн рабочих мест на мировом рынке к 2015 г. (Росо, 2003б).

Еще оптимистичнее прогноз Lux Research, согласно которому к 2014 г. ожидается создание 10 млн рабочих мест в сфере производства, связанного с нанотехнологиями (Хульман, 2009).

Текущее состояние нанонауки и техники открывает возможности карьерного роста, в частности, в таких областях: электроника и полупроводниковая промышленность; материаловедение (включая отрасли текстильной промышленности, создание полимеров, средств упаковки); автомобильная и аэрокосмическая промышленность; производство спортивных товаров; биотехнологии; медицина и фармацевтика; экологический мониторинг, контроль и восстановление ресурсов; производство продуктов питания, включая контроль качества и упаковку продуктов; криминалистика; университетские исследования и работа в национальных исследовательских лабораториях; военная промышленность и технологии, национальная безопасность; производство энергии и систем ее хранения <sup>6</sup>.

Рынок нанотехнологий предъявляет повышенный спрос на специалистов высо-

кой квалификации в области науки и техники (Human resources in science and technology, HRST). Представление о динамике изменения численности занятых в этой сфере дают данные рис. 7. Так, в 2011 г. 92,2 млн человек в странах ЕС были заняты в научно-технической сфере, что постепенно приближается к половине (42,7%) от общего числа занятых в экономике. В целом, этот показатель демонстрирует неуклонный рост за период 2002–2011 гг.

Соответствующие данные для ряда стран ЕС приведены на рис. 8. Видно, что Великобритания и Франция демонстрируют ускоренный рост показателя занятости в научно-технической сфере, особенно в отношении всех рабочих мест на рынке (рис. 8б). Подчеркнем, что эти данные, в целом, соответствуют динамике изменения индексов технологической прочности на рис. 2, свидетельствующих об улучшении индексов Великобритании и Франции в сравнении с показателями Германии.

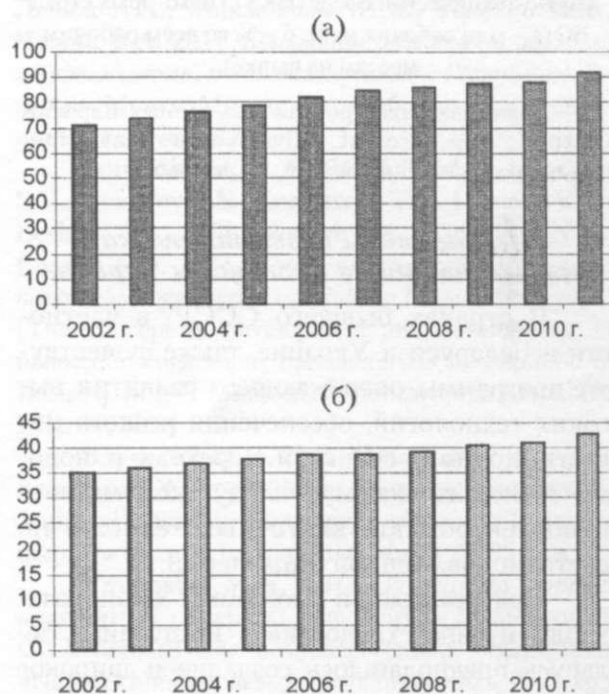


Рис. 7. Динамика изменения численности занятых в научно-технической сфере (HRST) в странах ЕС в целом (а – млн рабочих мест, б – % ко всем рабочим местам на рынке).

Источник. Электронная база данных Евростат ([http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics\\_explained/index.php/R\\_%26\\_D\\_personnel](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/R_%26_D_personnel)).

<sup>6</sup> National nanotechnology infrastructure network (<http://www.nnin.org/news-events/spotlights/nanotechnology-careers>).

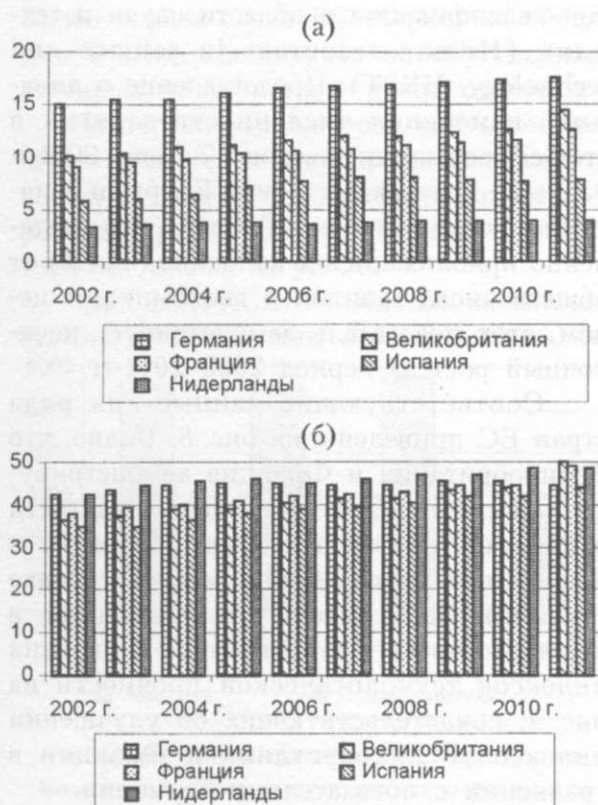


Рис. 8. Динамика изменения численности занятых в научно-технической сфере (HRST) некоторых стран ЕС (а – млн рабочих мест, б – % ко всем рабочим местам на рынке).

Источник. Электронная база данных Евростат ([http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics\\_explained/index.php/R\\_%26\\_D\\_personnel](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/R_%26_D_personnel)).

### Перспективы развития рынка нанотехнологий в Беларуси и Украине

В странах бывшего СССР, в частности в Беларуси и Украине, также существуют программы опережающего развития высоких технологий, обеспечения резкого инвестиционного скачка и перехода к новому технологическому укладу экономики – наноэлектроники, клеточных технологий, светодиодов, геной инженерии.

При реализации программы «Наноматериалы и нанотехнологии» в Республике Беларусь предполагалось создание и широкое внедрение в промышленность наукоемких технологий, новых материалов, объединение в рамках программы наиболее квалифицированных ученых, инженерных и технических кадров НАН Беларуси, Министерства образования, Министерства промышленности и других ведомств и организаций (Борисенко и др., 2011; Пустовалов, 2006).

В текущем году в Беларуси была создана Ассоциация наноиндустрии. В нее вошли около 20 организаций, в том числе институты НАН Беларуси, образовательные учреждения и производственные предприятия. Ассоциация создана с целью координации научно-исследовательской, предпринимательской и инновационной деятельности в сфере нанотехнологий. В Минске 30–31 мая 2013 г. была проведена Международная научно-практическая конференция «Развитие сетей трансфера технологий для инноваций» с участием специалистов из Беларуси, Франции, Испании, Нидерландов, Бельгии, Литвы, Украины и Молдовы. На форуме, в частности, обсуждены политика, законодательство, методология и образование в области трансфера технологий, проанализированы международные инструменты трансфера технологий: от аукционов и государственно-частного партнерства до сетей трансфера технологий.

Примером развития производственной базы нанотехнологической отрасли является деятельность Научно-производственного концерна «Наука»<sup>7</sup>, содействующего реализации государственной политики в сфере инновационного развития Украины. Центральное место в деятельности концерна занимают проведение фундаментальных исследований в области высоких технологий, в частности в сфере нанотехнологий, разработка новых видов наукоемкой продукции, доведенной до промышленного производства, введение в действие нового оборудования, предназначенного для разработки, исследования и мелкосерийного производства элементов наногетероструктур.

Активное научно-техническое сотрудничество Республики Беларусь и Украины осуществляется между фондами фундаментальных исследований. Все перечисленное, безусловно, способствует вовлечению двух стран в мировой процесс развития рынка нанотехнологий.

\* \* \*

В работе проанализированы основные тенденции развития рынка товаров с нанотехнологической составляющей в регионах мира, раскрыты основные особенности

<sup>7</sup> <http://nauka.kiev.ua/>



рынка патентов и лицензий, нанотехнологической продукции, инвестиций и высокотехнологичного капитала, подготовки специалистов в сфере нанотехнологий. Выявлен ряд особенностей в регионах мира. Так, по состоянию на 2010 г. Южная Корея, США и Франция в наибольшей степени концентрируют усилия в изобретательской деятельности в сфере нанотехнологий и демонстрируют наибольшую прочность нанотехнологической отрасли. Индекс технологической прочности наибольший у Южной Кореи, США занимают вторую позицию, динамика последних лет демонстрирует существенный прогресс Франции (третья в мире) и падение рейтинга Германии.

За период с 2005 по 2010 г. перечень нанопродуктов вырос с 54 до 1317 единиц. Прогнозами до 2015 г. ожидается наиболее активное развитие рынка нанопродуктов химического, электронного и медицинского назначения. Динамика изменения общего количества нанопродуктов за период с 2005 по 2010 г. демонстрирует доминирование категории «Здоровье, фитнес», а по темпам прироста за этот период лидируют нанопродукты категорий «Автомобильные принадлежности». Наибольшее количество нанопродуктов производится в США (587 в 2011 г.), далее следуют страны Европы (367) и Дальневосточного региона (261). Темпы прироста этого количества за период с 2005 по 2010 г. среди трех регионов мира обнаруживают иную тенденцию, будучи наименьшими в США и наибольшими в европейских странах.

США, Япония, Китай, Южная Корея и крупнейшие страны ЕС лидируют в величине абсолютных инвестиций в нанотехнологии. В пересчете на душу населения велика роль Ирландии, Израиля и Тайваня. США и Япония характеризуются существенным преимуществом частных инвестиций над государственными, а в странах ЕС наблюдается обратная тенденция. Данная тенденция не нова и отражает особенности европейской научно-промышленной системы. Планами на 2013 г. наибольшее финансирование в США выделяется на поддержку энергетики, здравоохранения и исследовательских программ в рамках Национального научного фонда.

Наноиндустрия испытывает растущую потребность в профессионально ориентированных специалистах, обладающих профессиональными компетенциями и навыками организации и проведения междисциплинарных исследований. Это определяет необходимость динамичного сбалансированного развития образовательного сегмента национальной нанотехнологической сети, ориентированного на все уровни кадрового обеспечения нанотехнологического комплекса. По оценкам, предусматривается создание дополнительных 5–10 млн рабочих мест на мировом рынке нанотехнологий к 2015 г., преимущественно в электронике и полупроводниковой, автомобильной и аэрокосмической промышленности, производстве спортивных товаров, биотехнологии, медицине и фармацевтике, экологии и некоторых других.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (REFERENCES)

Борисенко В.Е., Анишчик В.М., Гапоненко С.В., Комаров А.С., Кузнецова Т.А., Лабунов В.А., Лешок А.А., Миклашевич И.А., Толочко Н.К., Чижик С.А. 2011. *Концепция развития и освоения нанотехнологий и наноматериалов в Республике Беларусь*. Минск: Министерство образования Республики Беларусь, НАН РБ.

Borisenko V.E., Anishchik V.M., Gaponenko S.V., Komarov A.S., Kuznetsova T.A., Labunov V.A., Leshok A.A., Miklashevich I.A., Tolochko N.K., Chizhik S.A. 2011. *Kontseptsiia razvitiia i osvoeniia nanotekhnologii i nanomaterialov v Respublike Belarus'*. [The concept of development and development of nanotechnologies and nanomaterials in Republic of Belarus]. Minsk: Ministerstvo obrazovaniia Respubliki Belarus', NAN RB.

Ваучский М.Н. 2011. *Понятийный аппарат наномира*. Общероссийская общественная организация «Нанотехнологическое общество России». <http://www.ntsrf.info/science/library/3199.htm>

Vauchskii M.N. 2011. *Poniatiiinyi apparat nanomira*. [Conceptual framework of a nanoworld]. Obshcherossiiskaia obshchestvennaia organizatsiia «Nanotekhnologicheskoe obshchestvo Rossii». <http://www.ntsrf.info/science/library/3199.htm>

Игами М., Оказаки Т. 2008. Современное состояние сферы нанотехнологий: анализ патентов. *Форсайт*. № 3 (7). С. 32–43.

Igami M., Okazaki T. 2008. *Sovremennoe sostoianie sfery nanotekhnologii: analiz patentov*. [Current state of the sphere of nanotechnologies: analysis of patents]. *Forsait*. No 3 (7). P. 32–43.

Надеждин Е.Н. 2010. Современные проблемы подготовки специалистов в области нанотехнологий. *Ученые записки ИИО РАО*. Вып. 33. С. 22–57.

Nadezhdin E.N. 2010. Sovremennye problemy podgotovki spetsialistov v oblasti nanotekhnologii. [Modern problems of training of specialists in the field of nanotechnologies]. *Uchenye zapiski IIO RAO*. Vol. 33. P. 22–57.

Пустовалов В.К. 2006. Нанотехнологии: состояние, проблемы, перспективы. *Новости науки и технологий*. № 1(4). С. 186–192.

Pustovalov V.K. 2006. Nanotekhnologii: sostoianie, problemy, perspektivy. [Nanotechnologies: condition, problems, prospects]. *Novosti nauki i tekhnologii*. No 1(4). P. 186–192.

Хульман А. 2009. Экономическое развитие нанотехнологий: обзор индикаторов. *Форсайт*. № 1 (9). С. 30–47.

Khul'man A. 2009. Ekonomicheskoe razvitie nanotekhnologii: obzor indikatorov. [Economic development of nanotechnologies: review of indicators]. *Forsait*. No 1 (9). P. 30–47.

Heinze T. 2004. Nanoscience and nanotechnology in Europe: Analysis of publications and patent applications including comparisons with the United States. *Nanotechnology, Law & Business*. Vol. 1. No 4. P. 1–19.

Jordan C.C., Kaiser I.N., Moore V.C. 2012. Nanotechnology patent survey: Who will be the leaders in the fifth technology revolution? *Nanotechnology, Law & Business*. Vol. 9. No 2. P. 122–132.

Lipsey R., Carlaw K., Bekar C. 2005. *Economic transformations – general purpose technologies and long-term economic growth*. Oxford: Oxford University Press.

Malanowski N., Heimar T., Luther W., Werner M. 2006. *Growth market nanotechnology – an analysis of technology and innovation*. Weinheim: Wiley VCH Verlag.

Marinova D., McAleer V. 2002. Nano-technology patenting in the USA. *Proceedings of the International Environmental Modelling and Software Society Meeting: Integrated Assessment and Decision Support*. Vol. 2. P. 574, 24 June 2002, Lugano, Switzerland.

Marinova D., McAleer V. 2003. Nanotechnology strength indicators: international rankings based on US patents. *Nanotechnology*. Vol. 14. P. R1–R7.

Palmberg C., Dernis H., Miguet C. 2009. Nanotechnology: An overview based on indicators and statistics. *OECD publishing*.

Pavitt K. 1999. *Technology, Management and systems of innovation*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.

Roco M.C. 2003a. Converging science and technology at the nanoscale: opportunities for education and training. *Nature Biotechnology*. Vol. 21. P. 1247–1249.

Roco M.C. 2003b. Broader societal issues of nanotechnology. *J. Nanoparticle Res.* Vol. 5. P. 181–189.

Youtie J., Iacopetta M., Graham S. 2008. Assessing the nature of nanotechnology: Can we uncover an emerging general purpose technology? *Journal of Technology Transfer*. Vol. 33. No 4. P. 315–329.

## ANALYSIS OF THE WORLD NANOTECHNOLOGY MARKET PRESENT STATE AND DYNAMICS

Iuliia Korotchenkova, Bogdan Serebrennikov<sup>1</sup>

*Authors' affiliation:* <sup>1</sup>International Economics Department, Faculty of Management and Marketing, National Technical University of Ukraine «Kiev Polytechnic Institute» (Kiev, Ukraine).

*Corresponding author:* Iuliia Korotchenkova (julia.korotchenkova@gmail.com).

**ABSTRACT.** We analyze the state of the art and main dynamical features of the nanotechnology market, which includes patents and licenses, nanogoods, market investments and main aspects of the training of highly qualified personnel in the field. The results obtained can be used for evaluating trends and market forecast for nanotechnology, particularly, in Ukraine and Republic of Belarus.

**KEYWORDS:** nanotechnology, patent market, investment, personnel training.

**JEL-code:** L60, O14, L24.

Материал поступил 28.03.2013 г.