

**П.Н. ПАВЛОВ**

старший научный сотрудник Института прикладных экономических исследований РАНХиГС при Президенте РФ, г. Москва, Россия, Pavlov@ranepa.ru

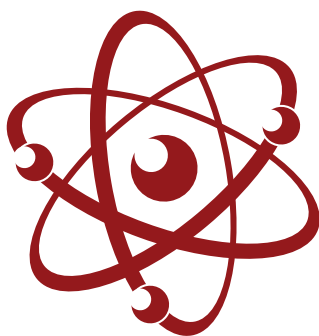
ОПЫТ РАЗВИТИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ: ОШИБКИ КИТАЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ РОССИИ

УДК 330.341.1

Павлов П.Н. *Опыт развития нанотехнологий: ошибки Китая и рекомендации для России*
(Институт прикладных экономических исследований РАНХиГС при Президенте РФ, г. Москва, Россия)

Аннотация. Китайская, как и российская, отрасль нанотехнологий создавалась при активном участии государственных институтов. Российская и китайская отрасли нанотехнологий характеризуются не только рядом общих характеристик, но и рядом сходных проблем. В данной работе на основе эмпирического материала мы охарактеризуем некоторые применявшиеся в Китае меры по стимулированию развития сектора нанотехнологий и сферы наноисследований, эффективность которых является по меньшей мере спорной. Это своего рода *no-go theorems*¹, указывающие направления, по которым не рекомендуется двигаться (по крайней мере, тем же способом) с целью развития нанотехнологий в России.

Ключевые слова: нанотехнологии, структура патентного портфеля, стимулы исследователей, библиометрический анализ, цитируемость научных работ, зависимость от траектории предшествующего развития.



Развитие сектора нанотехнологий (как и любого кластера высоких технологий) требует привлечения крупных объемов инвестиций. В то же время необходимо отметить, что возможности развивающихся стран по привлечению зарубежных иностранных инвестиций, как правило, являются ограниченными в силу институциональных характеристик, к которым относятся, среди прочего: качество государственного управления, уровень коррупции, уровень защиты прав собственности. В этих условиях особую роль играют возможности государственного сектора по концентрации ресурсов на стратегических направлениях технологического развития.

Задача по концентрации финансовых ресурсов не стала невыполнимой ни для России, ни для Китая. Однако, обращаясь к графику, отражающему соотношение объемов государственного и частного финансирования сектора нанотехнологий (рис. 1), мы должны отметить, что для кластера мировых лидеров в области нанотехнологий в целом характерной чертой является высокая доля частных инвестиций. По данному признаку выделяются США, Япония, Южная Корея, Германия. Полагаем, что данное обстоятельство не является простым совпадением, то есть модель финансирования сектора нанотехнологий и в России, и в Китае не должна характеризоваться доминированием государственного сектора.

¹ В теоретической физике «no-go theorem» — запрещающая теорема, указывает на то, что наступление определенного следствия при заданных условиях физически невозможно.

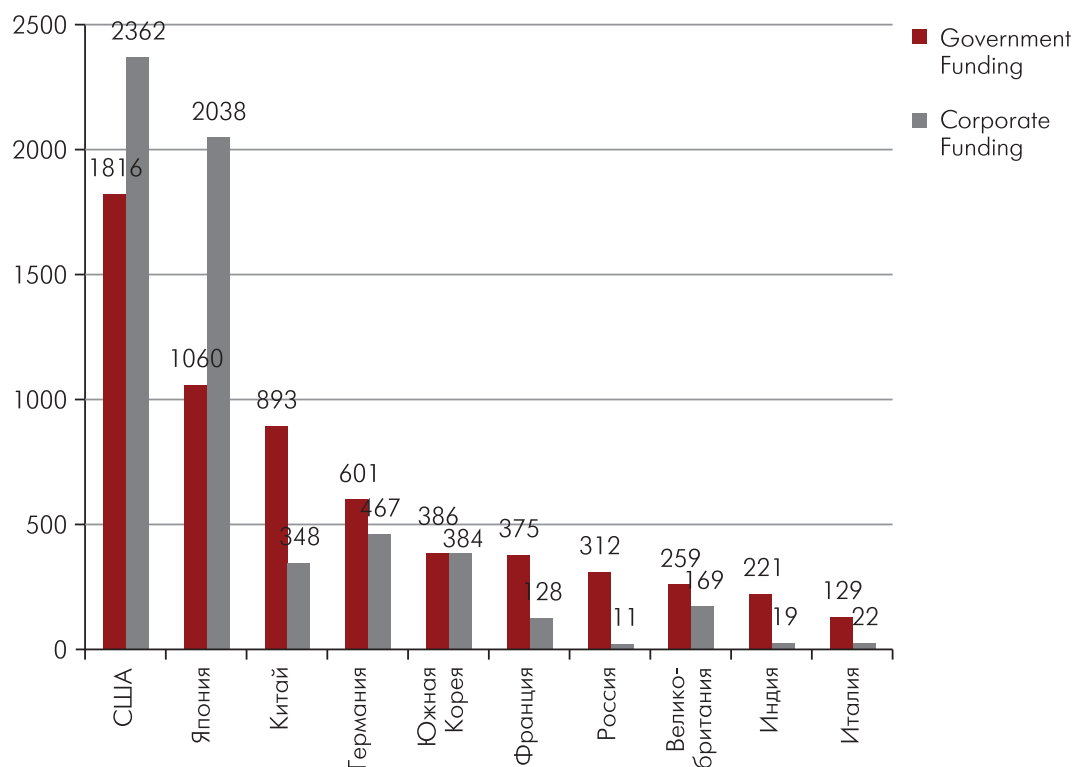


Рис. 1. Оценка объемов государственного и корпоративного финансирования сектора нанотехнологий в 2005–2007 гг., по ППС, млн. долларов США (Lux Research, 2008)

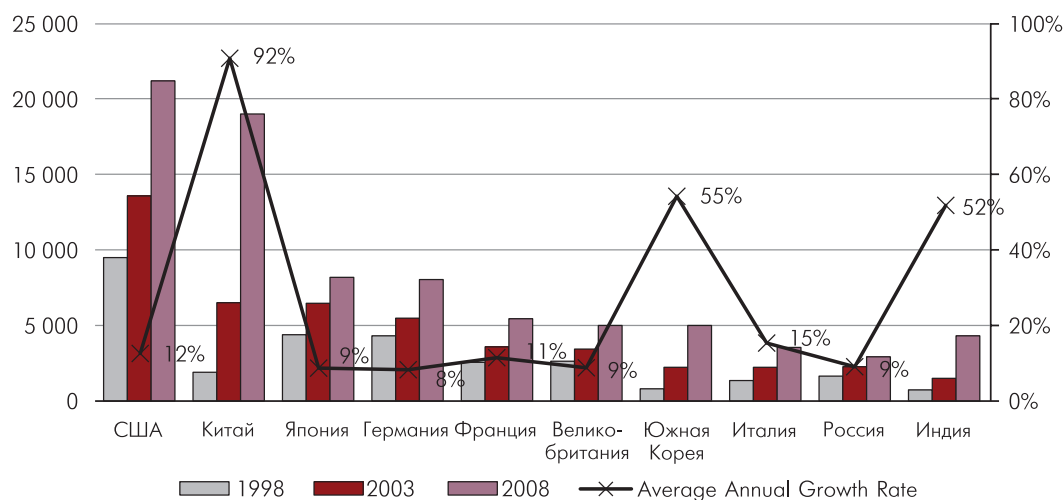


Рис. 2. Топ 10 стран мира по количеству публикаций в области нанотехнологий за период 1998–2008 гг. по данным MERIT Database of Worldwide Nanotechnology Scientific Publications (Источник: Huang and Wu, 2012)

Ведущую роль в основании отрасли нанотехнологий в Китае (как и в России) сыграли государственные институты. В первые же годы реализации «Стратегии развития нанотехнологий в

Китае» [2] был достигнут существенный прогресс в области научных исследований. На рисунке 2 отображены среднегодовые темпы роста количества публикаций за период 1998–2008 гг.

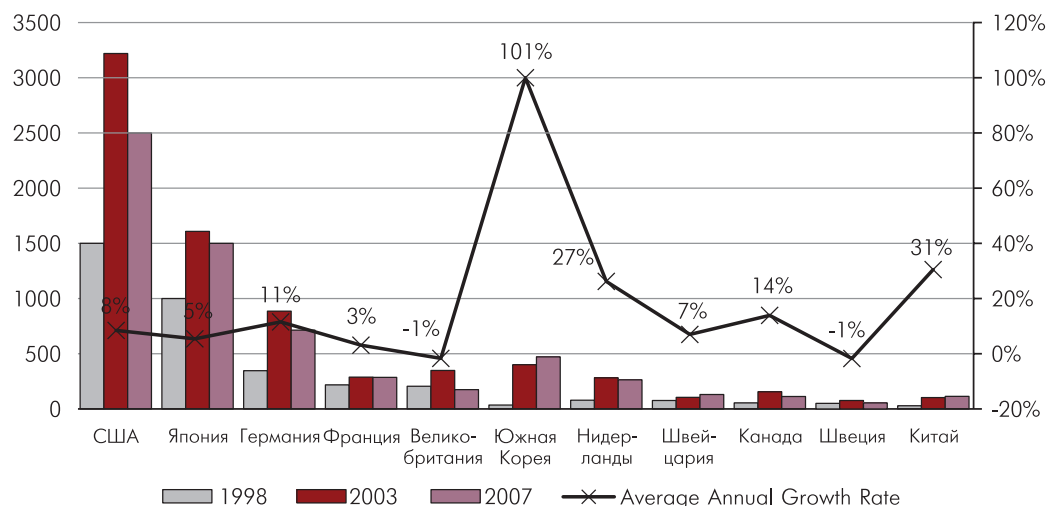


Рис. 3. Топ 10 стран мира по количеству патентов в области нанотехнологий² в сравнении с Китаем (13-е место в мире) за период 1998–2007 гг. по данным PATSTAT database (версия от сентября 2009 г.) (Источник: Huang and Wu, 2012)

Таблица 1

Структура патентного портфеля Китая по категориям заявителей (China Patent Abstract Database), 1985–2008 гг. (%)

Заявитель	Отечественный	Зарубежный
университет	43,28	5,85
научно-исследовательский институт	13,28	3,95
промышленная компания	18,00	83,73
частное лицо	21,46	2,57
университет — научно-исследовательский институт	0,25	0,17
университет — промышленная компания	2,97	1,85
научно-исследовательский институт — промышленная компания	0,34	0,83
университет — научно-исследовательский институт — промышленная компания	0,02	0,02
университет — частное лицо	0,14	0,04
научно-исследовательский институт — частное лицо	0,03	0,02
промышленная компания — частное лицо	0,24	0,96
ВСЕГО	100	100

Источник: Huang and Wu, 2012.

Казалось бы, что благоприятная картина складывается и при обращении к валовым показателям, измеряющим количество патентов, обладателями которых являются китайские экономические агенты (рис. 3).

Однако структура держателей патентов в Китае на сегодняшний день не является оптимальной. Приобретение патентов в сфере нанотехнологий *промышленными компаниями* представляет собой важную предпосы-

² Патенты в секторе нанотехнологий классифицированы в соответствии с подходом European Patent Office: категория Y01N.

³ В рассматриваемом случае порядка 17% патентных заявок поданы зарубежными заявителями, остальные 83% принадлежат авторству китайских заявителей.

лку для последующего создания новых высокотехнологичных производств [1]. Конечно, стратегия развития нанотехнологий должна предполагать и предполагает развитие научной составляющей, которую можно измерять по публикационной (патентной) активности ученых, университетов. При этом показатель патентной активности промышленных компаний является определяющим.

Как видно из *таблицы 1*, суммарно в категориях **университет и научно-исследовательский институт** сосредоточено свыше 56% патентных заявок отечественных (китайских) соискателей. При этом, пожалуй, одним из ключевых аспектов в данной картине является низкая роль промышленных предприятий, на которые приходится порядка 18% китайских внутренних патентных заявок в секторе нанотехнологий.

Казалось бы, что высокий уровень корреляции между публикационной и патентной активностью можно попытаться интерпретировать как характеристику тесной взаимосвязи между фундаментальным и прикладным направлениями научных исследований, работой механизмов диффузии знаний и технологий. К сожалению, подобная интерпретация вступает в противоречие с наблюдаемыми фактами⁴.

Таким образом, исследование опыта реализации «Стратегии развития нанотехнологий в Китае» [2] позволяет сделать следующий вывод: несмотря на крупные государственные инвестиции в R&D, местные промышленные компании не стали ведущей силой развития нанотехнологий. И такое положение дел достаточно рискованно, поскольку открывает возможности для крупных нанотехнологических компаний мира к тому, чтобы воспользоваться результатами китайских государственных инвестиций в R&D.

Некоторые исследователи обращаются к вопросу о системе стимулов, которая была сформирована в отношении китайской академической среды [16]: утверждается, что для ученых из Китайской академии наук, а также

ученых из университетов получение патентов являлось критерием успешной реализации научной карьеры, условием предоставления очередных грантов. В то же время, как показывает обследование китайских университетов, проведенное совместно Департаментом по интеллектуальной собственности КНР и Министерством образования КНР в 2005 году, по 24 из 50 университетов установлено, что в общем и целом ученые *не были заинтересованы в последующей коммерциализации технологий, патенты на которые они приобретали*. Целью их заметно возросшей патентной активности были скорее инвестиции в поддержание научной репутации, чем установка на присвоение доходов от инвестиций в R&D [13]. То же исследование показало, что размеры денежной компенсации за факт приобретения патентов в 50 университетах превзошли размеры компенсации по публикационной активности.

Кейс развития нанотехнологий в Китае показывает, насколько важным является правильное определение ключевых показателей эффективности той или иной государственной программы технологического развития, а также корректное определение субъектов, в отношении которых применяются показатели эффективности. В рассматриваемом случае представители академической среды в полном соответствии с постулатами неoinституциональной теории отреагировали на стимулы, связанные с предоставлением компенсаций за факт приобретения патентов в сфере нанотехнологий. Но результатом стало лишь гипертрофированное развитие научного сектора, что в условиях низкой абсорбционной готовности местной промышленности сопряжено с высокими рисками утечки технологий за рубеж.

Научные исследования в секторе нанотехнологий: невидимые результаты?

Библиометрический анализ считается достаточно эффективным методом определе-

⁴ Для сравнения: в США в период 1990–2006 гг. университеты и государственные исследовательские организации получили порядка 1000 патентов в сфере нанотехнологий, в то же время промышленные предприятия стали обладателями 5000 патентов. Подробнее см. в [16].

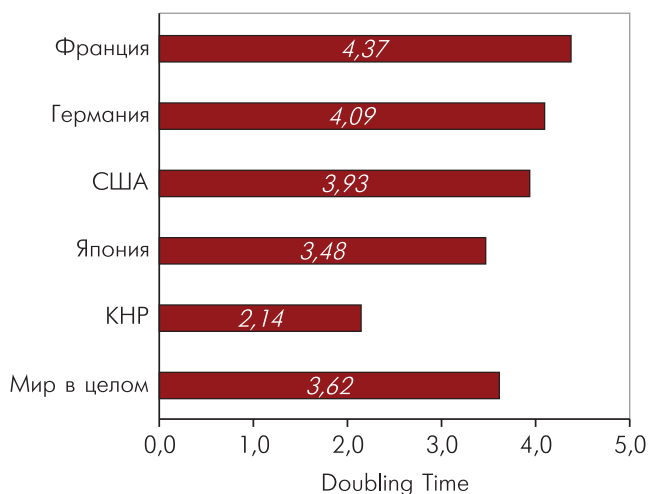


Рис. 4. Период удвоения количества публикаций в области нанотехнологий (лет)
(Источник: Guan and Ma, 2007)

Таблица 2

Библиометрический анализ исследований в области нанотехнологий

Страна	CPR ⁵	Работы с нулевым цитированием		Один процент наиболее цитируемых статей	
		Всего	Доля (%)	Всего	Доля (%)
Франция	11,57	2277	21,40	77	7,85
Германия	12,40	2882	19,31	114	11,62
Япония	9,34	4563	25,72	88	8,97
Китай	4,62	6329	37,63	17	1,73
США	18,96	6245	16,28	685	69,83

Источник: Guan and Ma, 2007.

ния момента зарождения новой технологии [5]. Применительно к сфере наук о нанотехнологиях в последние годы было выполнено несколько исследований, использующих подобные методы [11, 12, 15]. В том числе и для Китая: так установлено, что количество публикаций в области нанотехнологий в Китае удваивалось каждые 2,14 года (см. рис. 4)⁶.

Взрывное увеличение публикационной активности в Китае связывают прежде всего с реакцией научного сообщества на меры стимулирования, предложенные китайским правительством и соответствующими министерствами и ведомствами, отвечающими за развитие науки и технологий [3, 4]. Согласно данным Б. Джина и Р. Руссо, что в 2001 году в Китае издавалось более 4400 научных и тех-

нологических журналов, около 0,5 млн. научных статей в них публикуются ежегодно [9].

Но так ли хороши эти результаты, как может показаться на первый взгляд? Одним из важнейших показателей уровня развития научного знания в современных условиях является востребованность результатов исследований со стороны международного научного сообщества, которая аппроксимируется показателями цитируемости научных работ.

В широко цитируемой работе Д. Кинга для выявления наиболее влиятельных научных сообществ предложено использовать межстрановое распределение 1% наиболее цитируемых работ. В комплексе с ним используется показатель доли научных работ, которые не были ни разу процитированы [10].

⁵ CPR — citations per paper — среднее количество цитирований одной научной работы.

⁶ При анализе было использовано десятилетнее окно — период 1995–2004 гг.

Как можно видеть из *таблицы 2*, доля статей китайских ученых, не имеющих ни одного цитирования, достаточно велика. В то же время доля статей, которые входят в число *1% наиболее цитируемых статей*, ничтожно мала, не достигает и 2% от общего количества работ, опубликованных в совокупности учеными Франции, Германии, Японии, США и Китая.

Таким образом, одного лишь количественного роста публикационной активности, как мы видим на китайском примере, оказалось явно недостаточно для того, чтобы перевести научную систему страны на новый качественный уровень: публикаций действительно много, но многие не цитируются, лишь небольшое их количество активно используется коллегами⁷.

На степень «видимости» научного сообщества определенной страны для международного научного сообщества огромное влияние оказывает готовность первого к тому, чтобы не только предлагать результаты исследований высокого качества, но и приводить их в форму, доступную для коллег, снижать издержки по обработке и восприятию научных результатов, полученных в отечественных научных центрах и университетах. В качестве наиболее важной меры в данной области можно назвать публикацию научных результатов на самых интенсивно используемых языках мира, прежде всего на английском языке, составляющем сегодня стандарт глобальной научной коммуникации.

Процесс научной коммуникации на одном из языков мира можно рассматривать как технологию обмена информацией. Напомним, что для множества технологий характерным является действие феномена зависимости от траектории предшествующего развития (*path dependence problem* [6]). Иными словами, по мере распространения и разрастания

положительных внешних эффектов, возникающих у пользователей «старой» технологии, издержки переключения на использование новой могут стать запретительно высокими. К тому же не на всех контрагентов можно воздействовать и пытаться стимулировать к изменению технологии коммуникации, к переходу на использование китайского или русского языка.

Опыт Китая показывает, насколько печальными последствиями оборачивается попытка предложить мировому научному сообществу результаты исследований на языке, не являющемся стандартным в глобальном масштабе. Работы, опубликованные на китайском языке, оказались практически невостребованными за рубежом, что можно отразить на примере журнала *Acta Chimica Sinica* (специализируется на публикациях в области химических наук).

Данный журнал включен как в китайские базы научного цитирования⁸, так и в базу *Science Citation Index (SCI)*, и это позволяет выполнить сопоставление моделей цитирования научных работ данного журнала в китайских и зарубежных научных изданиях.

Как можно видеть на представленном графе (*рис. 5*), данный журнал является достаточно значимым для китайского научного сообщества, обладает множеством связей с журналами в данной области¹⁰. Однако на приведенном далее рисунке (*рис. 6*) легко можно видеть, что если международное научное сообщество и обращается к работам из *Acta Chimica Sinica*, то делает это опосредованно, через англоязычный журнал *Chinese Journal of Chemistry*, который представляет собой своего рода окно в мир китайских научных исследований в данной сфере.

Таким образом, если некоторые важные научные результаты по каким-то причинам не будут отражены в публикациях *Chinese*

⁷ Ситуация в США представляет собой качественно иной случай — 1% наиболее цитируемых статей почти на 70% состоит из американских публикаций.

⁸ База № 1. *China Scientific and Technical Papers and Citations Database (CSTPCD)*: разработчиком является *Institute of Scientific and Technical Information of China (ISTIC)*. База № 2. *Chinese Science Citation Database (CSCD)*: разработчиком является *Documentation and Information Centre of the Chinese Academy of Sciences*.

⁹ Группа представленных журналов характеризуется достаточно прочными связями и представляет собой ядро научных исследований Китая в сфере химических наук.

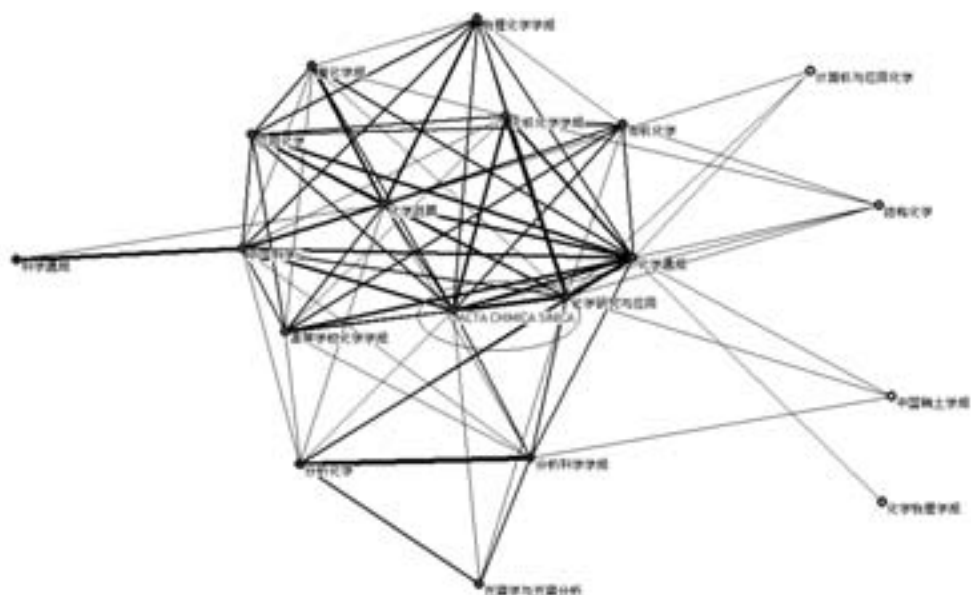


Рис. 5. Модель цитирования научных работ, публикуемых в журнале *Acta Chimica Sinica*, китайскими научными изданиями¹⁰ (Источник: Zhou and Leydesdorff, 2006)

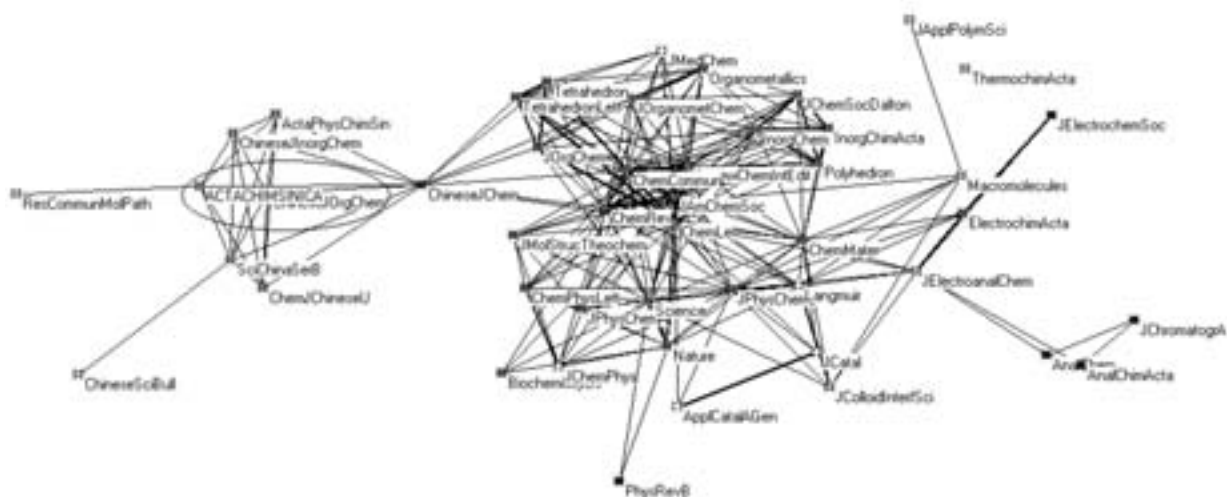


Рис. 6. Модель цитирования научных работ, публикуемых в журнале *Acta Chimica Sinica*, в глобальном окружении¹¹ (Источник: Zhou and Leydesdorff, 2006)

Journal of Chemistry, то с высокой вероятностью они не будут известны в течение неопределенного периода времени зарубежным коллегам. Некоторые научные результаты в лучшем случае будут повторно получены в независимых зарубежных исследованиях.

Полагаем, что данная проблема является отражением некой универсальной закономерности диффузии научных знаний и является актуальной для формирования рекомендаций в отношении политики стимулирования развития нанонауки не только в Китае, но и в России.

¹⁰ В соответствии с данными базы научного цитирования China Scientific and Technical Papers and Citations Database (CSTPCD) за 2002 г.

¹¹ В соответствии с данными базы SCI за 2002 г.

Заключение

Подводя итоги изучения китайского опыта развития нанотехнологий, мы отметим следующие аспекты и эмпирические закономерности.

Структура финансирования сектора нанотехнологий в странах-лидерах тяготеет к преобладанию частных инвестиций. Полагаем, что идея достижения глобального лидерства при опоре на ведущую роль государственных источников финансирования как в среднесрочном, так и в долгосрочном периоде несостоятельна.

Скоррелированность динамики публикационной активности и патентования еще не говорит о наличии механизма диффузии генерируемых фундаментальных знаний и превращения их в «живые» технологии. Поэтому при отсутствии подобных механизмов увеличивается риск абсорбции полученных результатов НИС (национальными инновационными системами) других стран мира.

Экономические агенты действительно реагируют на стимулы. Если условием доступа к финансированию (или условием построения карьеры в научном сообществе) является наличие патентов, то они будут приобретены. Китайский опыт говорит о том, что стимулирование академической среды к приобретению патентов в сфере нанотехнологий не ведет к ускорению коммерциализации данных технологий. Низкая доля промышленных компаний в структуре держателей патентов (при сколь угодно высокой доле университетов и НИИ) в секторе нанотехнологий отнюдь не является признаком надвигающегося технологического скачка.

Значение и положение английского языка в международном научном информационном обмене являются чрезвычайно устойчивыми в силу действия феномена зависимости развития технологии (коммуникации) от траектории ее предшествующего развития. Попытки использования национального языка в качестве основы для публикационной активности в случае Китая оказались несостоятельными — мировое научное сообщество практически полностью игнорирует подобные публикации.

Поэтому мы полагаем, что отечественный поток научных публикаций должен являться доступным для изучения международным научным сообществом. Считаем крайне существенным реализовать *снижение издержек* представителей международного научного сообщества, связанных с ознакомлением с результатами исследований российских ученых. Одним из механизмов решения поставленной задачи является стимулирование российских ученых к подготовке публикаций на английском языке (речь может идти о компенсации затрат на обучение иностранному языку, что сопряжено с ростом человеческого капитала в экономике; как менее предпочтительную альтернативу мы бы предложили компенсацию издержек по переводу научных работ российских ученых на иностранный язык).

Для измерения качества научных результатов и прогресса исследований в секторе нанотехнологий полагаем целесообразным использование простой системы целевых показателей:

- доля публикаций, выполненных по тематике нанотехнологий, входящих в *1% наиболее цитируемых научных работ в данной области в мире*;
- доля публикаций, выполненных по тематике нанотехнологий, которые не имеют случаев цитирования согласно данным международных баз научного цитирования, таких как Web of Science, Scopus (по истечении, например, трех и более лет с момента опубликования).

Китайская, как и российская, отрасль нанотехнологий создавалась при активном участии государственных институтов. Российская и китайская отрасли нанотехнологий характеризуются не только рядом общих характеристик, но и рядом похожих проблем. Разработка стратегии развития отрасли нанотехнологий является комплексной масштабной задачей. Полагаем, что учет эвристик, которые можно сформулировать на основе изучения китайского опыта стимулирования нанотехнологий и наноисследований, будет полезен и в рамках российской практики развития данной отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куракова Н.Г., Зинов В.Г., Цветкова Л.А., Еремченко О.А., Комарова А.В., Комаров В.М., Сорокина А.В., Павлов П.Н., Коцюбинский В.А. (2014) Национальная научно-технологическая политика «быстрого реагирования»: рекомендации для России: аналитический доклад. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС. 160 с.
2. Министерство науки и технологий Китая (2001) Национальная стратегия развития нанотехнологий 2001–2010 (GuoJiaNaMiKeJiFaZhanGangYao, 2001–2010). URL: http://www.most.gov.cn/fggw/zfwj/zfwj2001/200512/t20051214_55037.htm.
3. Bai C.L. (2005) Ascent of nanoscience in China//Science. № 309. P. 61–63.
4. Brahic C. (2005) China 'encroaches on US nanotech lead'//SciDev. Net. <http://www.sci-dev.net/global/technology/news/china-encroaches-on-us-nanotech-lead.html>
5. Braun T., Schubert A., Zsindely S. (1997) Nanoscience and nanotechnology on the balance//Scientometrics. № 38 (2). P. 321–325.
6. David P. (1985) Clio and the Economics of QWERTY//American Economic Review: 332.
7. Guan J., Ma N. (2007) China's emerging presence in nanoscience and nanotechnology. A comparative bibliometric study of several nanoscience 'giants'//Research Policy. № 36. P. 880–886.
8. Huang C., Wu Y. (2012) State-led Technological Development: A Case of China's Nanotechnology Development//World Development. V. 40. № 5. P. 970–982.
9. Jin B., Rousseau R. (2004) Evaluation of research performance and scientometric indicators in China//In: Moed H.F., Glanzel W., Schmoch U. (Eds.), Handbook of Quantitative Science and Technology Research. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht etc. — P. 497–514.
10. King D.A. (2004) The scientific impact of Nations//Nature. № 430. P. 311–316.
11. Kostoff R.N. (2004) The (Scientific) Wealth of Nations//The Scientist. № 18(18). P. 10.
12. Leydesdorff L., Zhou P. (2005) Are the contributions of China and Korea upsetting the worldsystem of science?//Scientometrics. № 63(3). P. 617–630.
13. Liu Y.E., Zhang Y., Yang J.A., Zhang J.H., & Han X.C. (2007) Gao Deng Xue Xiao Zhuan Li Shi Shi Xian Zhuang De Diao Yan Yu Si Kao (Survey and thoughts on patent utilization in universities)//Ke Yan Yu Fa Zhan Guan Li (R&D Management). № 19(1). — P. 112–119.
14. Lux Research (2008) Nanomaterials state of the market Q3 2008: Stealth success, broad impact/ New York, The US: Lux Research Inc.
15. Meyer M., Persson O. (1998) Nanotechnology — interdisciplinarity, patterns of collaboration and differences in application//Scientometrics. № 42(2). P. 195–205.
16. Shapira P., & Wang J. (2009) From lab to market? Strategies and issues in the commercialization of nanotechnology in China//Asian Business and Management. № 8(4). P. 461–489.
17. Zhou P. and Leydesdorff L. (2006) The emergence of China as a leading nation in science//Research Policy. № 35. P. 83–104.

УДК 330.341.1

Pavlov P.N. *A practice of developing nano technologies: mistakes of China and recommendations for Russia* (Institute of applied Economic research, The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Moscow, Russia)

Abstract. Both Chinese and Russian nano technology fields were created with an active involvement of State Institutes. Russian and Chinese nano technology fields share a series of general common traits as well as certain issues. On the basis of empirical data this article will characterize the measures used in China for stimulating the development of nano technology sector and the sphere of nano research, which efficiency is rather questionable. This is so-called no-go theorems, pointing the direction which shouldn't be followed (at least using the same method) for developing nano technologies in Russia.

Keywords: nano technologies, structure of patent portfolio, incentives of researchers, bibliometric analysis, citation of scientific works, dependency of trajectory of preceding development.