

Терехов Александр Иванович —
ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН,
кандидат физико-математических наук.

Aleksandr I. Terekhov —
The Central Economic Mathematical Institute of the Russian
Academy of Sciences.



Политика и позиции России в нанотехнологиях: среднесрочный взгляд

Несмотря на спад ажиотажа, нанотехнологии (НТ) продолжают расти через дальнейшее дисциплинарное проникновение, вертикальный переход от науки к технологиям, горизонтальное распространение в отраслях экономики, развитие ряда ответвлений. По мере истечения срока действия инициатив, принятых в начале 2000-х годов, некоторые страны стали отказываться от отдельных координируемых на государственном уровне усилий по развитию НТ, делая их приложения частью более широких планов финансирования науки и технологий [1]. Евросоюз, например, включил НТ в общий список ключевых технологий, открывающих новые возможности, наряду с промышленной биотехнологией, перспективными материалами, фотоникой и др. [2].

Как уже отмечалось [3], Россия запоздала с принятием национальной нанотехнологи-

ческой программы. Кроме того, если Национальная нанотехнологическая инициатива США изначально была сфокусирована на науку, то российская Стратегия развития nanoиндустрии (далее — Стратегия) — на создание индустрии. Конечно, в ней нужно было считаться с устаревшей технологической структурой экономики, отсутствием инновационной инфраструктуры, необходимостью ускоренного освоения ключевых производств нового технологического уклада, однако нельзя было не учитывать, что именно наука — двигатель НТ. В стремлении сделать страну одним из мировых нанотехнологических лидеров правительство инвестировало значительные средства, но лишь небольшая их часть пошла на генерацию нового фундаментального знания. Основной расчет делался на уже имеющиеся научные заделы. По прошествии восьми лет с момента принятия Стратегии интересно оценить, насколько ее

УДК 338.23

В статье анализируются и обсуждаются изменения в связанном с нанотехнологиями геополитическом ландшафте, среднесрочные итоги и противоречия российской нанотехнологической политики, негативные аспекты «административной одержимости» количественными метриками.

Ключевые слова

Нанотехнологическая программа, научно-образовательные центры, публикационная активность.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 16-06-00009).



реализация отвечает заявленным внешним целям.

Примерно на том же временном интервале внутри страны НТ выступили «пробным камнем» для проводимой правительством политики переноса фундаментальных исследований из РАН в университеты с целью их деконцентрации и формирования второго конкурентоспособного научного центра в стране. Например, в 2014 г. на повышение международной конкурентоспособности 40 ведущих университетов (большинство из которых имели научно-образовательные центры по нанотехнологиям) было выделено больше половины бюджетного финансирования всех институтов РАН. Целевыми индикаторами политики сделаны выход публикаций, индексируемых преимущественно в WoS, и их цитируемость. Между тем известно [4], что администрируемые количественные метрики

➤ В стремлении сделать страну одним из мировых нанотехнологических лидеров правительство инвестировало значительные средства, но лишь небольшая их часть пошла на генерацию нового фундаментального знания.

могут исказить реальность и порождать ошибочные решения о науке.

С использованием библиометрии в статье анализируются и обсуждаются изменения в связанном с нанотехнологиями геополитическом ландшафте, среднесрочные итоги и противоречия российской нанотехнологической политики, негативные аспекты «адми-

Russia's Policy and Position in Nanotechnologies: Medium-Term View

The article analyzes and discusses changes in the geopolitical landscape related to nanotechnologies, medium-term results and contradictions of the Russian nanotechnology policy, negative aspects of the “administrative obsession” with quantitative metrics.

Keywords

Nanotechnological program, scientific-educational centers, publication activity.

нистративной одержимости» количественными метриками. Исходная выборка нанопубликаций извлечена из базы данных *Science Citation Index Expanded* (БД SCIE) по релевантным ключевым словам.

Сравнительный анализ России и других стран

Всего за период 2000–2014 гг. в БД SCIE было отобрано 569 540 нанопубликаций (статей,

обзоров, писем), распределение которых по годам показано на *рис. 1*. НТ по-прежнему остаются одной из наиболее быстро растущих областей исследований в мире со среднегодовым темпом роста (CAGR) в 12% за последние семь лет. Тем не менее на авансцене глобального соперничества произошли важные изменения. Китай в 2009 г. положил конец доминирующему положению США в производстве нанопубликаций, а в 2011 г.

обошел и ЕС-28. Более того, центр наноисследований переместился в Азию: в 2014 г. совокупная доля Индии, Ирана, Китая, Сингапура, Тайваня, Южной Кореи и Японии (условно «АЗИЯ-7» на *рис. 1*) в мировом выходе нанопубликаций достигла 60%, причем драйверами сдвига стали Китай, Индия и Иран. Россия в последние семь лет росла заметно медленнее остального мира. Кроме того, ее CAGR снизился с 10,2% в 2000–2007 гг. до 6,3% в 2007–2014 гг., а конкурентная доля в производстве нанопубликаций продолжила падение с 7,6% в 2000 г. до 4,0% в 2007 г. и до 2,8% в 2014 г. В результате в 2011 г. Россия потеряла место в Топ-10 наиболее продуктивных в данной области стран, не справившись на среднесрочном горизонте с задачей, поставленной в Стратегии.

Однако производство статей с более высоким воздействием может быть важнее, чем просто производство большего числа статей. В совокупности цитат, отобранных из нанопубликаций, доля России всего 1,9%. По этому показателю она уступает не только ведущим западным странам — США (37,3%), Германии (8,5%), Великобритании (5,9%), Франции (5,1%),

Рисунок 1

Рост выхода нанопубликаций: в мире и по странам/группам стран

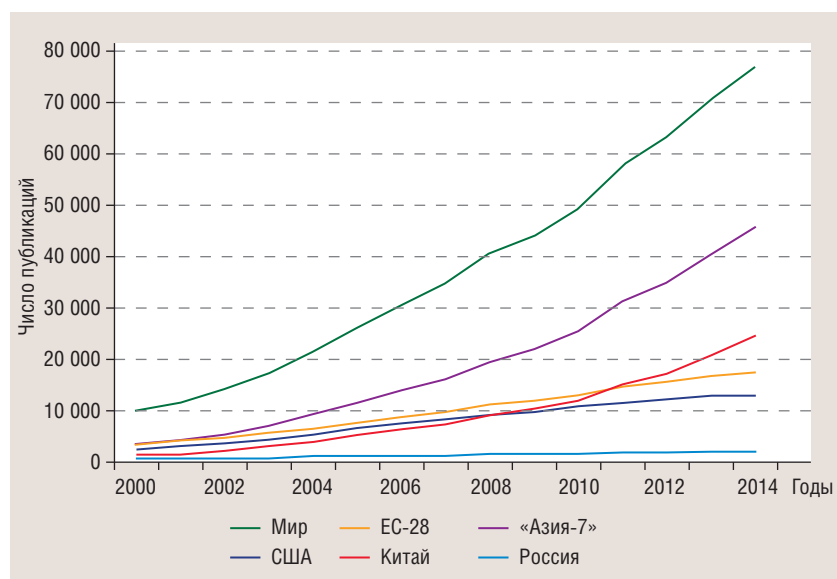
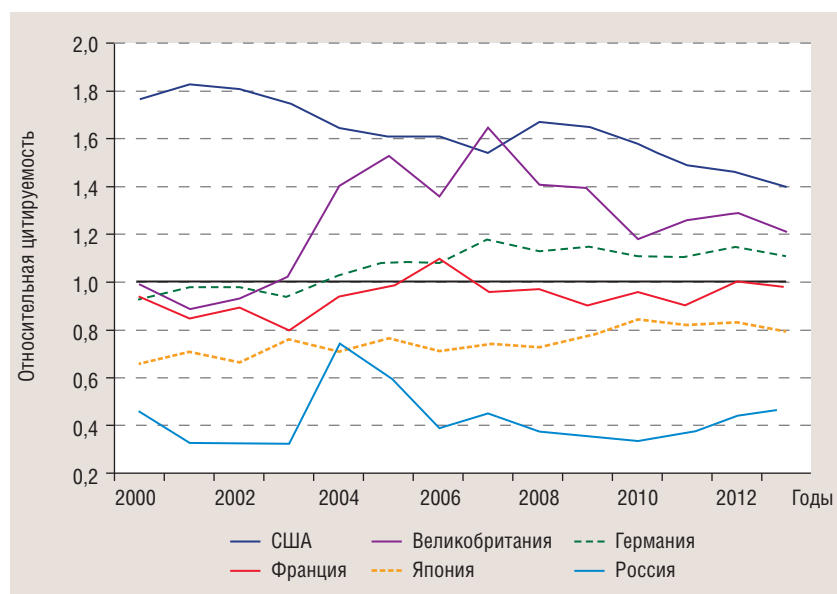


Рисунок 2

Воздействие нанопубликаций страны относительно среднемирового уровня



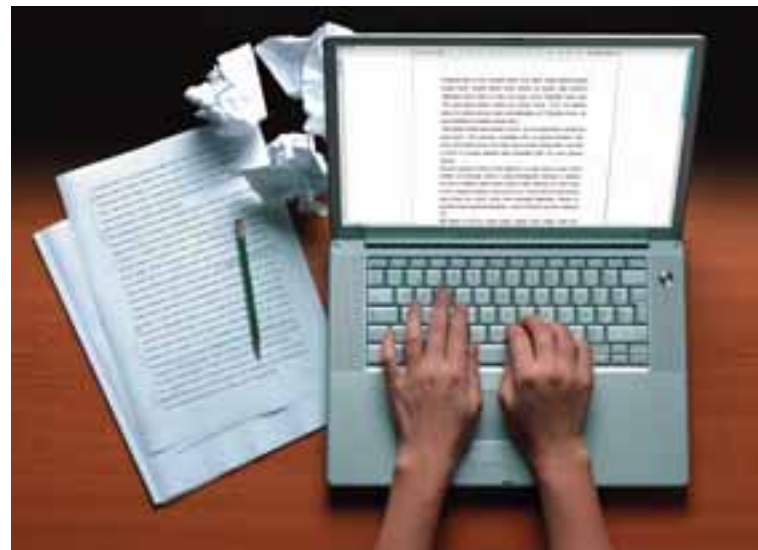
но и странам «АЗИИ-7» за исключением Ирана (1,3%). При этом относительный индекс цитируемости нанопубликаций у нас ниже, чем у Ирана. США — безусловный лидер по общему вкладу цитат, но в относительном измерении они теряют влияние (рис. 2), пропустив в 2010 г. вперед себя Сингапур. Воздействие нанопубликаций России на фоне развитых стран выглядит малозаметным, хотя с 2010 г. появились признаки небольшого подъема (см. рис. 2).

Способность выполнять высококачественные исследования является важным для страны конкурентным фактором. Доля США в Топ-10% высокоцитируемых нанопубликаций (в библиометрии такие публикации считают публикациями со знаком качества, а их производство — сигналом о наличии центров научного совершенства) составила за период 2000–2013 гг. 38,6%, а идущего на втором месте Китая — 25,1%. Но в 2012 г. Китай обошел США по данному показателю. Конечно, на это мог повлиять вал китайских нанопубликаций (чем больше публикаций, тем больше вероятность цитирований). Однако небольшой Сингапур в 2011 г. обошел США по фактической доле ежегодно производимых страной высокоцитируемых нанопубликаций в их общем национальном выходе. Этот нормированный показатель позволяет сравнивать страны как производителей элитных публикаций в данной области. Чем он выше «ожидаемых» 10%, тем больше страна опережает мир, и наоборот. Кроме Сингапура (23,9% в 2013 г.) и США (15,9%), к таким странам относятся также Китай (13,9%), Великобритания (13,1%) и Германия (11,3%). Россия хуже других одиннадцати основных участников представлена в Топ-10% сегменте нанопубликаций (менее 1%); пропорция таких публикаций в общенациональном выходе — 2,5% в 2013 г. — у нее также самая низкая. Таким образом, ни по вкладу в мировое производство нанопубликаций, ни по показателям их воздействия Россия не входит в первую десятку стран.

Международное соавторство заметно повышает видимость российских нанопубликаций — в среднем более чем в 3 раза. Порядка 87% российских нанопубликаций из Топ-10% имеют зарубежных соавторов, а доля высоко-

цитируемых среди совместных публикаций с учеными из Австралии и Великобритании достигает 12,1 и 9,5% соответственно. С точки зрения публикационного воздействия, сотрудничество с партнерами по БРИКС или республиками бывшего СССР в нано-области значительно менее выгодно, чем с развитыми западными странами. Тем не менее доля совместных нанопубликаций с такими странами, как Германия, США, Франция и Англия, в период 2008–2014 гг. снизилась на 8 п.п. по сравнению с 2000–2007 гг., тогда как доля подобных публикаций с партнерами по БРИКС и бывшими советскими республиками выросла на 4,4 и 3,6 п.п. соответственно, что нельзя отнести к благоприятным трендам. Повышается внутренняя географическая диверсификации нано-исследований. Так, совокупная доля Москвы и Санкт-Петербурга (вместе с Московской и Ленинградской областями) в производстве нанопубликаций снизилась с 77,7% в 2000 г. до 71,7% в 2007 г. и до 64,0% в 2014 г., что можно отнести к определенным успехам политики деконцентрации. Однако вклад «центра» в высокоцитируемые нанопубликации все еще значителен (78%), а доля

➤➤ Ни по вкладу в мировое производство нанопубликаций, ни по показателям их воздействия Россия не входит в первую десятку стран.



его соавторских связей с «провинцией» низка (менее 3,5%).

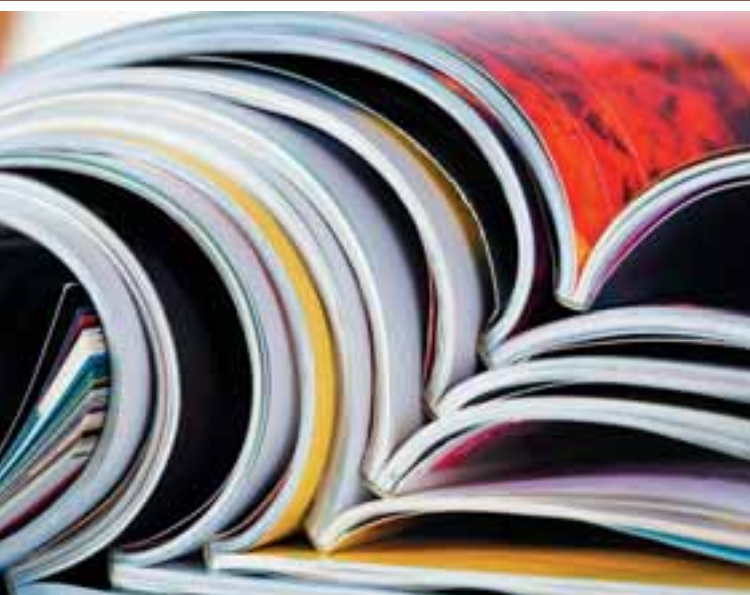
Топ-10% наиболее высокоцитируемых публикаций часто используют для исследования элитной структуры научной литературы в конкретной области вместе с анализом аффилиаций высокоцитируемых авторов с целью выявления (возможных) центров научного совершенства. За период 2000–2013 гг. всего 413 российских нанопубликаций вошли в Топ-10% наиболее высокоцитируемых. Если в 2000–2006 гг. преобладающими темами таких работ были «полупроводниковые наноструктуры» (24% публикаций), «углеродные наноструктуры без графена» (17%) и «нанофотоника» (10%), то в 2007–2013 гг. таковыми стали «графен» (26%), «нанобиомед» (18%) и «нанофотоника» (14%).

Более 72% всех российских публикаций по графену производит РАН. Возьмем 95 ее публикаций за период 2004–2009 гг. При пятилетнем окне цитирования их воздействие превышало среднемировой уровень для публикаций по графену на 40%. Однако это всего лишь простой признак научного совершенства. Применим два других библиометрических критерия из [5]. Претендент на центр совершенства должен участвовать в высшей международной лиге по научному влиянию в конкретной (под)области. По нашим расчетам, из

95 публикаций четыре вошли в Топ-1% самых высокоцитируемых публикаций по графену, а 10 — в Топ-10% сегмент (при рекомендованных двух и пяти публикациях [5]). Еще точнее уровень международного совершенства отражает сравнение фактических пропорций высокоцитируемых публикаций в их общем объеме с ожидаемыми значениями: 1 и 10% соответственно. В нашем случае фактические значения превышают ожидаемые в 4,2 и 1,1 раза соответственно. Таким образом, на основе библиометрических показателей РАН могла быть признана центром совершенства международного уровня в области графена в период 2004–2009 гг.

Главный вклад в высокоцитируемые российские публикации по графену принадлежит Институту проблем технологий микроэлектроники и особо чистых материалов РАН, а их основной соавтор из этого института С.В. Морозов в 2014 г. включен *Thomson Reuters* в список наиболее высокоцитируемых исследователей. Кроме него в этот список вошел специалист по нанобиомедицине А.В. Кабанов из Университета штата Небраска (США) и МГУ. Статья 2013 г. по гиперболическим метаматериалам, соавтором которой является Ю.С. Кившарь из Австралийского национального университета и Санкт-Петербургского университета ИТМО, признана *Thomson Reuters* «горячей». У этого автора 11 публикаций по нанопотонике (в которых он ко-аффилирован с ИТМО), вошедших, по нашим расчетам, в Топ-10% сегмент. Исследования по нанопотонике в ИТМО и по нанобиомедицине в МГУ, которые являются прямым результатом правительственной программы мегагрантов, — это пока лишь возможные центры научного совершенства. Заметим, что все три рассмотренных случая зиждутся на связях с наиболее яркими представителями российской научной диаспоры, а Ю.С. Кившарь и А.В. Кабанов имеют там свои основные аффилиации.

В связи с этим правомерен вопрос о «независимых» высококачественных исследованиях и возможных самостоятельных центрах научного совершенства в области НТ. Среди 10% наиболее цитируемых российских нанопубликаций за 2007–2013 гг. только 15,5% были чисто российскими, то есть «независи-



мыми». На другом конце 25% нанопубликаций, все российские авторы которых имели также иностранные аффилиации (наличие в этих публикациях собственно российского вклада может быть под вопросом из-за нередко встречающихся «скрытых эмигрантов» [6]). В оставшихся 59,5% случаях коллаборации с иностранными партнерами формально можно считать равноправными. Среди «независимых» выделяются 12 нанопубликаций по тематике «нанобиомед», выполненных в Институте биохимии и физиологии растений и микроорганизмов (ИБФРМ) РАН и Саратовском государственном университете им. Н.Г. Чернышевского (СГУ). Две из них о биомедицинских приложениях наночастиц золота вошли в высший Топ-1% сегмент нанопубликаций. В части публикаций ИБФРМ РАН и СГУ сотрудничают с другими отечественными академическими институтами и медицинскими учреждениями. Достигнув устойчивой критической массы ресурсов и квалифицированных исследователей, данная коллаборация могла бы претендовать на роль самостоятельного центра совершенства международного уровня. Важно, чтобы политика научных властей была направлена на выявление и поддержку таких региональных центров. Есть поток высокоцитируемых публикаций о наноструктурных материалах, получаемых путем интенсивной пластической деформации (Уфимский государственный авиационный технический уни-

верситет) или гибридизации материалов (Институт физики твердого тела РАН), в которых российские ученые выступают как минимум равноправными партнерами. Однако все перечисленное говорит лишь о локальных возможностях страны для развития конкурентоспособности в области НТ.

Заявляя о стремлении войти в группу нанотехнологических лидеров, Россия явно не предвидела появления мощного спурта азиатских стран. Большой Китай и маленький Сингапур достигли в наноисследованиях впечатляющих успехов, что возбуждает у России соблазн подражания и кооперации с азиатским миром. Однако исторически в своих международных научных связях она в большей степени ориентировалась на сотрудничество с развитыми западными странами. Даже сейчас, после снижения, доля совместных нанопубликаций с учеными из Германии, США, Франции или Англии превышает 20%. Именно это сотрудничество дает России большую часть отечественных высокоцитируемых статей и основу для формирования центров совершенства, благодаря чему, в частности, осуществляется квалификационный рост отечественных ученых. Свертывание таких научных связей не удастся в короткие сроки заместить связями на азиатском направлении хотя бы потому, что там нет такой же российской научной диаспоры, как на Западе.



Библиометрический взгляд на «соревнование» университетов и РАН

Как следует из рис. 3 и 4, совершив мощный спурт, университеты догнали РАН в негласном соревновании по двум установленным индикаторам. В 2011–2013 гг. четыре университета — МГУ, СПбГУ, университет ИТМО и Московский физико-технический институт (МФТИ) — входили в первую десятку российских организаций по количеству нанопубликаций, а Новосибирский государственный университет (НГУ) занимал 12-е место. Представленность вузов в Топ-10% сегменте нанопубликаций выросла на 21 п.п. в 2007–2013 гг. по сравнению с 2000–2006 гг. Казалось бы, налицо явный успех политики укрепления университетского сектора, превращения его в конкурентоспособный центр фун-

даментальных исследований в российской научной системе. Однако более близкое рассмотрение несколько меняет впечатление.

Прежде всего наблюдаемая сходимости могла иметь место в результате расширения сотрудничества между университетами и РАН. Реально доля совместных с РАН университетских нанопубликаций повысилась с 41% в 2000–2007 гг. до 46% в 2008–2014 гг. Однако эта доля существенно варьирует по университетам. Например, в 2011–2013 гг. она составила: для ИТМО — 28%, для МГУ — 40, для СПбГУ — 52, для МФТИ — 77 и для НГУ — 97%. Учеными РАН без участия представителей университета в авторских коллективах за этот период написаны 27% всех нанопубликаций с аффилиацией СПбГУ. Более детальный учет тематики работ и предыдущих аффилиаций их авторов показал, что во многих случаях академические ученые (например, из Института проблем машиноведения РАН, Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН) стали просто добавлять в свои статьи аффилиацию университета. Но если для СПбГУ такое явление лишь способ быстрой «накачки» рейтингов (взяты наиболее продуктивные ученые РАН), то для МФТИ и НГУ оно связано с глубокой исторической традицией, пришедшей в противоречие с навязываемыми ныне «статусами».

Как известно, «система Физтеха» внесла огромный вклад в подготовку научно-кадровой элиты страны. Позже по этому пути пошел НГУ. В этих рамках нет ничего зазорного в том, что доля самостоятельных (без внешнего соавторства) нанопубликаций у обоих университетов менее 2%, однако вряд ли они могут называться исследовательскими в западном понимании. Для сравнения, по нашим расчетам, в Массачусетском технологическом институте и Оксфордском университете доля самостоятельных нанопубликаций в 2013 г. составила 23 и 22% соответственно. Стремление соответствовать «исследовательскому статусу», участвовать в хорошо финансируемой программе 5–100 толкает наращивать целевой показатель по количеству публикаций, в том числе и за счет «приписанных статей», написанных, например, преподавателями-совместителями из РАН [6]. Таким образом, подгонка под западные стандарты приводит к стол-

Рисунок 3

Доля нанопубликаций РАН и университетов

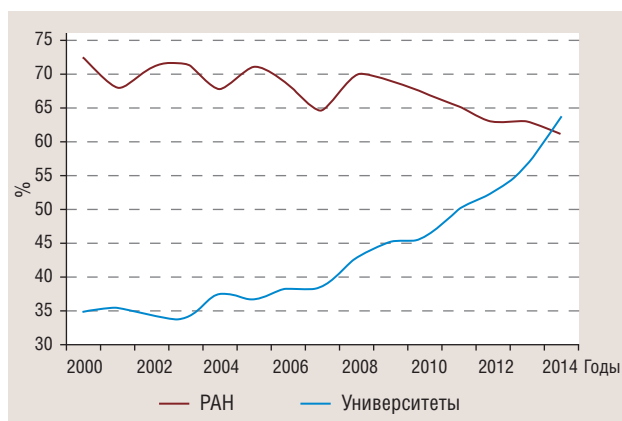
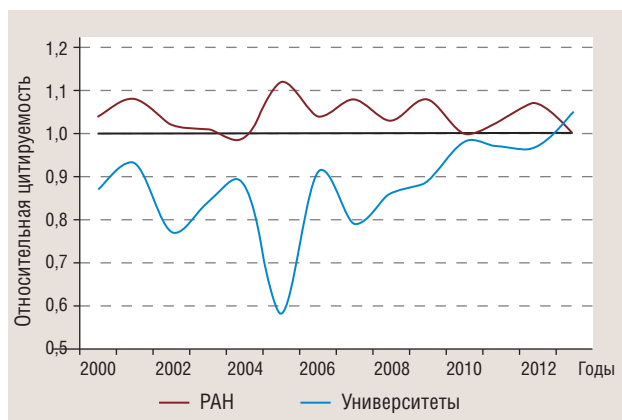


Рисунок 4

Воздействие академических и университетских нанопубликаций относительно среднего российского уровня (из расчетов исключены три статьи с более чем 3400 цитированиями каждая)



кновению с эффективной отечественной традицией, а бюрократический стиль управления с помощью «простых» количественных метрик искажает реальную картину и в целом подтверждает закон Гудхарта: «Когда метрика становится целью, она перестает быть хорошей метрикой» [7].

НТ относятся к существенным мегатрендам в науке и технологиях, что выражается и в продолжающемся экспоненциальном росте научной литературы. Анализ ее структуры указывает, в частности, на отчетливый сдвиг в последние годы центра мировых наноисследований в азиатский регион. Ведущие западные игроки все больше уступают в объеме и влиянии наноисследований азиатским странам. Так, США расстались с абсолютным лидерством, Южная Корея все активнее наступает на позиции Германии и т.д. На фоне азиатского бума и по ряду внутренних причин (например, непреодоленного кадрового кризиса) российский публикационный вклад продолжает падать, несмотря на принятие в 2007 г. Стратегии и последовавших стимулирующих программ. Важно не допустить прохождения критического порога, после которого проблематично сохранять самодостаточность в производстве научного знания и участвовать в мировой конкуренции. Вместе с тем необходимо развивать международное сотрудничество, которое способствует обмену знаниями и значительно повышает видимость отечественных нанопубликаций. Традиционно большинство связей в рамках

➤ На фоне азиатского бума и по ряду внутренних причин российский публикационный вклад продолжает падать, несмотря на принятие в 2007 г. Стратегии и последовавших стимулирующих программ.

международного сотрудничества проходят через РАН, однако в последние годы университеты все чаще проявляют себя в самостоятельной роли. Например, они более активны в совместных нанопубликациях с партнерами по БРИКС. Целесообразно поддерживать старые и создавать новые структуры международного сотрудничества, помня, что радикальная и быстрая переориентация с западного на восточное направление невозможна. Нужно также стремиться к исключению явления «скрытых эмигрантов», вносящего искажения в нормальное международное научное сотрудничество.

Как можно видеть на примере НТ, усилия научных властей привели к изменениям внутрироссийского ландшафта исследований. В частности, перезапущена исследовательская деятельность университетов и по формальным показателям они сравнялись с РАН; достигнута определенная географическая диверсификация исследований и др. Однако все это сопровождалось целым рядом негативных явлений: попытка сделать библиометрические индикаторы целевыми привела к широкой практике манипулирования ими; статус «исследовательский университет» в западном понимании вошел в противоречие с такой отечественной традицией, как «система Физтеха». НГУ и МФТИ являются по существу *академическими* исследовательскими университетами, но это как бы не замечается. Однако самое главное: все внутренние изменения практически не привели к улучшению внешних позиций России в наноисследованиях. Так, по числу нанопубликаций за период 2011–2013 гг. РАН опустилась на 4-е место (после Китайской академии наук (КАН), Национального центра научных исследований Франции и Министерства энергетики США),



➤ В то время как мировой рынок будет все более наполняться нанопродуктами второго поколения (активные наноструктуры), мы будем вынуждены осваивать продукты первого (пассивные наноструктуры).

а МГУ занял только 58-е место среди университетов. При этом публикации РАН цитировались в среднем в 3,3 раза реже публикаций КАН, а публикации МГУ в 3,7 раза реже, чем публикации университета Цинхуа (Китай).

Статья позволяет взглянуть на ситуацию и в связи с завершением среднесрочной Программы развития nanoиндустрии в РФ до 2015 года. Вклад России в мировой выход публикаций, как и в мировой объем производимой нанопродукции, не достиг к ее окончанию намеченных 4 и 3% соответственно. Чрезмерный упор на имеющиеся «научные заделы» оказался, на наш взгляд, ошибочным, поскольку не учитывал принципиально нелинейный характер связей между нанонаукой и нанотехнологиями. Как и следовало ожидать, старые заделы были быстро истощены, а исследовательская база для производства новых ослаблена. В результате, в то время как мировой рынок будет все более наполняться нанопродуктами второго поколения (активные наноструктуры), мы будем вынуждены осваивать продукты первого (пассивные наноструктуры). В такой ситуации достижение

и удержание 3% мирового рынка продукции nanoиндустрии представляются иллюзорными, ведь, согласно прогнозным расчетам [1], эти 3% к 2018 г. будут эквивалентны примерно 132 млрд долл.

Следующий этап реализации Стратегии, как и принятие еще более масштабной Национальной технологической инициативы, очевидно, требует критического переосмысления уже допущенных просчетов и ошибок. ■

ПЭС 16111 / 04.07.2016

Источники

1. The President's Council of Advisors on Science and Technology. Report to the President and Congress on the Fifth Assessment of the National Nanotechnology Initiative. Washington, 2014.
2. A European strategy for Key Enabling Technologies — A bridge to growth and jobs [Электронный ресурс] // European Commission. Brussels, 2012. URL: http://wbc-inco.net/object/document/10463/attach/Strategy_for_Key_Enabling_Technologies.pdf.
3. Терехов А.И. О перспективах развития нанотехнологии: «углеродное» направление // Экономические стратегии. 2009. № 7, с. 72–77.
4. Hicks D., Wouters P., Waltman L., Rijcke S., de, Rafols I. Bibliometrics: The Leiden Manifesto for research metrics // Nature. 2015. Vol. 520. N 7548. Pp. 429–431.
5. Tijssen R.J.W., Visser M.S., Van Leeuwen T.N. Benchmarking international scientific excellence: are highly cited research papers an appropriate frame of reference? // Scientometrics. 2002. Vol. 54. N 3. Pp. 381–397.
6. Георгиев Г.П. Что губит российскую науку и как с этим бороться. Часть II // Троицкий вариант. 2015. № 194. С. 6–7.
7. Goodhart's law [Электронный ресурс] // Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Goodhart%27s_law.

References

1. *The President's Council of Advisors on Science and Technology. Report to the President and Congress on the Fifth Assessment of the National Nanotechnology Initiative*. Washington, 2014.
2. *A European strategy for Key Enabling Technologies — A bridge to growth and jobs*. European Commission. Brussels, 2012, available at: http://wbc-inco.net/object/document/10463/attach/Strategy_for_Key_Enabling_Technologies.pdf.
3. Terekhov A.I. O perspektivakh razvitiya nanotekhnologii: "uglerodnoe" napravlenie [On the Prospects of Nanotechnology Development: the "Carbon" Direction]. *Ekonomicheskie strategii*, 2009, no. 7, pp. 72–77.
4. Hicks D., Wouters P., Waltman L., Rijcke S., de, Rafols I. Bibliometrics: The Leiden Manifesto for research metrics. *Nature*, 2015, vol. 520, no. 7548, pp. 429–431.
5. Tijssen R.J.W., Visser M.S., Van Leeuwen T.N. Benchmarking international scientific excellence: are highly cited research papers an appropriate frame of reference? *Scientometrics*, 2002, vol. 54, no. 3, pp. 381–397.
6. Georgiev G.P. Chto gubit rossiyskuyu nauku i kak s etim borot'sya. Chast' II [What Ruins Russian Science and How to Deal with It]. *Troitskiy variant*, 2015, no. 194, pp. 6–7.
7. *Goodhart's law*. Wikipedia, available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Goodhart%27s_law.