

УДК 62-022.53:001.8
ББК 30.6+30.37+78.6
DOI 10.20913/1815-3186-2018-1-57-65

УГЛЕРОДНЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ: НАУКОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, 2000–2015 (ЧАСТЬ 2)

(продолжение. Начало статьи см. в № 4–2017)

© А. И. Терехов, 2018

Центральный экономико-математический институт Российской академии наук,
Москва, Россия; e-mail: a.i.terekhov@mail.ru

Во второй части рассматриваются академический импакт стран и его связь с национальным исследовательским «портфелем», а также сравнивается вклад стран в мировой топ-1% (топ-10%) наиболее высоко цитируемых публикаций.

Ключевые слова: углеродные наноструктуры, наукометрический анализ, библиометрический индикатор, центр научного совершенства, национальный исследовательский портфель, научный фонд

Для цитирования: Терехов А. И. Углеродные наноструктуры: наукометрический анализ, 2000–2015 (Часть 2) // Библиосфера. 2018. № 1. С. 57–65. DOI: 10.20913/1815-3186-2018-1-57-65.

Carbon nanostructures: scientometric analysis for 2000–2015 (part 2)

A. I. Terekhov

Central Economic-Mathematical Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;
e-mail: a.i.terekhov@mail.ru

The article presents a scientometric analysis of the development of the carbon nanotechnology (NT) direction for 2000–2015 with the participation of 30 most active countries. It shows shifting the world research center to the Asian region, both on volume and quality indicators. Using the concept of a national research portfolio gives deep characteristics of different countries behavior in the course of scientific rivalry. Due to the strong skewness of the citation distributions, preference is given to the percentile-based indicators, such as: the contribution of a country to the world top-10% (top-1%) of the most highly cited publications, the share of such publications in the country's total output, the highly cited papers index, etc. Relying on them, the author fully discloses the scientific «offensive» of the «newcomer» countries on the «incumbents» ones (e.g. China on the USA, South Korea on Germany, Iran on Russia), the phenomenon of Singapore as an effective producer of highly cited publications on the carbon nanostructures, and international co-authorship in the top-1% segment of the most cited articles. Russia's positions are studied in detail, the main domestic research participants are established, and based on bibliometric criteria the center of scientific excellence in the field of graphene is identified. The paper characterizes the supporting role of a number of national science foundations in the NT carbon direction development using data of WoS. The author used the Science Citation Index Expanded database for the initial bibliographic sampling; information of science foundations of Russia and the USA, as well as patent organizations of Russia (Rospatent) and the world (WIPO) for additional comparison.

Keywords: carbon nanostructures, scientometric analysis, bibliometric indicator, center of scientific excellence, national research portfolio, science foundation

Citation: Terekhov A. I. Carbon nanostructures: scientometric analysis for 2000–2015 (part 2) // *Bibliosphere*. 2018. № 1. P. 57–65. DOI: 10.20913/1815-3186-2018-1-57-65.

От редакции: Ввиду детального изложения материала статья представлена в трех частях в трех последовательных выпусках журнала. Нумерация рисунков, таблиц, приложений и ссылок – сквозная для всей статьи.

3. Академический импакт стран и его связь с исследовательским «портфелем»

На рисунках 2 и 3 представлена динамика относительных показателей цитирования стран из групп G_1 и G_2 . Можно отметить, что только у США академический импакт выше среднемирового уровня на протяжении всего периода, хотя и непрерывно снижается в последние годы. Импакт Великобритании и Германии практически также (за исключением двух первых лет) не опускался ниже этого

уровня. Напротив, такие «старожилы», как Франция и Япония, постепенно улучшая воздействие своих исследований, лишь приближаются к среднемировому уровню. Открытие графена учеными из Великобритании, как и последующая специализация страны в этой «горячей» тематике, очевидно, определили рекордный подъем относительного показателя цитирования. Однако увеличение числа участников исследований, нивелируя влияние этого фактора, повлекло понижение национального британского импакта. Российский кратковременный «взлет» в 2004 и 2005 гг. связан, главным

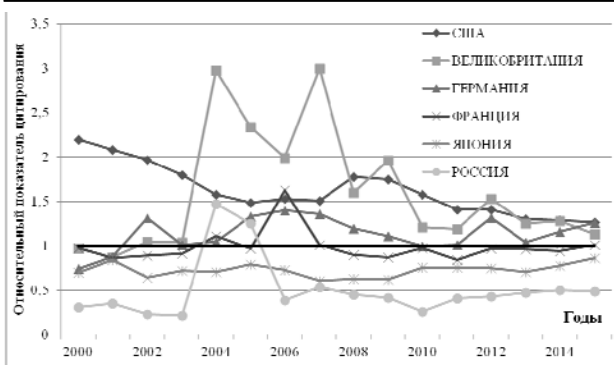


Рис. 2. Национальный импакт У-нано статей относительно среднемирового уровня: группа G₁

Fig. 2. The national impact of U-nano articles relative to the world average level: G₁ group

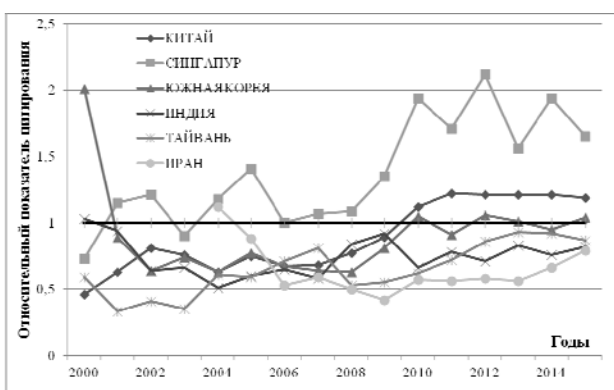


Рис. 3. Национальный импакт У-нано статей относительно среднемирового уровня: группа G₂

Fig. 3. The national impact of U-nano articles relative to the world average level: G₂ group

образом, с соавторством в двух высоко цитируемых публикациях по графену, включая [2]; однако затем страна вернулась в свою обычную нишу, уступая даже слегка прибавляющему в последние годы Ирану.

Наиболее успешный из «новичков» – Сингапур, начав быстрое восхождение в 2006 г., в 2010 г. обошел США. Китай, наращивая свой импакт с того же момента, но медленнее, в 2010 г. преодолел среднемировой уровень, а в 2014 г. приблизился к США, Великобритании и Германии. Южная Корея в последние годы прочно удерживается на среднемировом уровне, тогда как Тайвань, Индия и Иран пока лишь стремятся к нему. Как видим, в терминах академического импакта успехи стран-«новичков» не столь впечатляющи, как в количественном аспекте.

Рисунок ПЗ.1–ПЗ.3 (приложение 3) представляют динамику импакта для остальных 18 стран. Не вдаваясь в детали, отметим лишь, что большинству из них (за исключением Украины, Польши и Малайзии) хотя бы один раз удавалось достичь импакта выше среднемирового. В качестве лидеров по количеству таких превышений здесь можно выделить условно «малые» страны (Нидерланды – в 14, Швейцария – в 11 из 16 временных точек), а также «средние» (Ав-

стралия – в 10, Испания – в 9, Канада – в 7 из 16 временных точек). Однако, как мы видели ранее, только в сочетании с количественным фактором (Австралия) это было способно давать заметный эффект в научном влиянии. Самое малозаметное воздействие среди всех стран в последние годы имеют У-нано статьи из Украины и России.

Известно, что с 2000 г., вслед за США, многие страны (более 60 к 2004 г.) приняли национальные нанотехнологические программы, увидев в НТ ключевую технологию XXI в., открывающую новые возможности для широкого спектра отраслей экономики [20]. Мировую динамику исследований в области углеродных наноструктур в рассматриваемый период характеризовали: закат «эры фуллеренов», расцвет и постепенное угасание «эры УНТ»; стремительное восхождение графена; невысокий, но стабильный интерес к другим формам наноглерода (рис. 4). В рамках этих структурных трендов правительства стран могли реализовывать ту или иную политику, выбирая ИП с разным составом изучаемых объектов. Например, они могли стремиться диверсифицировать свои исследования в соответствии с мировым ИП или, наоборот, концентрировать усилия на конкретном типе углеродных наноструктур и т. д. Конечно, такая «политика» правительств возможна лишь в рамках имеющихся ресурсных ограничений (финансовых, кадровых и др.), сложившихся исследовательских традиций и т. д., однако определенная свобода выбора для нее у стран, ставящих на науку, все-таки существует. Мы построим и сравним некоторые характеристики национальных ИП в динамике, попробуем диагностировать их (возможную) связь с импактом публикаций. Для этого будем использовать метрику похожести (непохожести) ИП, индекс Херфиндала – Хиршмана, показатели специализации.

Согласно рисункам 5 и 6 непохожесть ИП разных стран демонстрирует довольно разные тенденции. Россия стоит особняком ввиду наиболее непохожего ИП. В то же время наибольшего сближения с глобальным ИП достигли США. Другие представители группы G₁ в основном следовали мировому тренду без значительных отклонений. Основные «новички» развивались довольно бурно, хотя в конечном счете

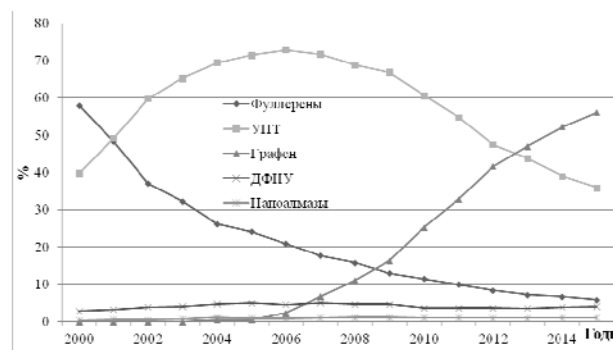


Рис. 4. Изменение структуры мирового выхода У-нано статей

Fig. 4. The structure change in the world output of U-nano papers

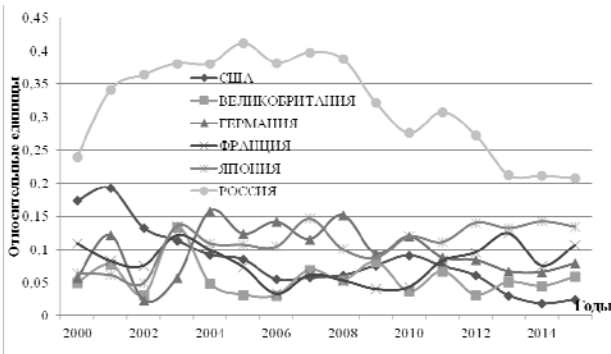


Рис. 5. Непохожесть национальных исследовательских «портфелей» по подобластям: группа G₁

Fig. 5. The heterogeneity of national research «portfolios» in subfields: G₁ group

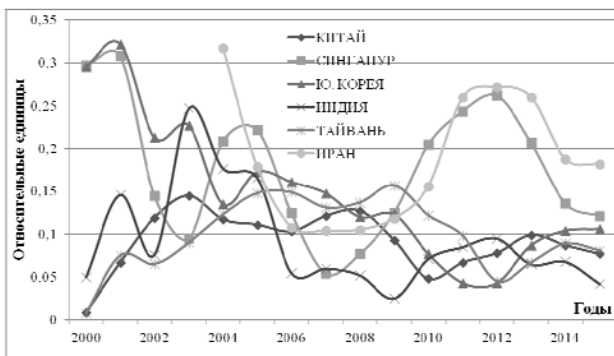


Рис. 6. Непохожесть национальных исследовательских «портфелей» по подобластям: группа G₂

Fig. 6. The heterogeneity of national research «portfolios» in subfields: G₂ group

их национальные ИП стали сближаться с мировым (рис. 6). Сингапур и Южная Корея начали в G₂ как страны с наиболее непохожими на мировой ИП, однако к концу периода утратили свою индивидуальность. При этом Сингапур продемонстрировал «свой стиль», тогда как Южная Корея отчетливо стремилась подстроиться к мировому ИП. После некоторого подъема на стартовом отрезке непохожесть китайского ИП не испытывала значительных перепадов, тогда как у индийского она заметно выросла в период сдвига мирового тренда от фуллеренов к УНТ. Несколько дезориентированно вел себя поздно стартовавший Иран.

Не приводя соответствующих рисунков для остальных 18 стран, отметим: 1) группа G₃ продемонстрировала дружное сближение национальных ИП с мировым. Италия (как и Южная Корея) отличилась своим настойчивым стремлением в подражании мировому тренду; 2) для группы G₄ характерна более значительная степень непохожести на конец периода. «Свой стиль» в диверсификации национальных ИП проявили Нидерланды и Израиль; 3) относительно высокая степень непохожести ИП на конец периода у стран из G₅, особенно у Украины и Мексики. Украина в этом отношении близка к России, но с тем отличием, что еще

меньше приспособилась к мировому сдвигу в пользу графена.

Как уже говорилось, индекс Херфиндаля – Хиршмана несколько по-иному характеризует специализацию/диверсификацию исследований страны. Отметим, что с 2001 по 2012 г. степень концентрации мирового ИП, показанная на рисунках 7 и 8, практически повторяет динамику доли статей по УНТ (рис. 4), тогда как с 2012 г. доминирующее влияние на нее оказывает рост статей о графене. Из рисунков следует, что основные «новички» были более сосредоточены на конкретных подобластях углеродных наноструктур, чем «старожилы». Два наиболее крупных игрока из G₁ и G₂ – США и Китай – достигли максимальной концентрации своих ИП (за счет исследований по УНТ) в 2005 и 2006 гг. соответственно. Последовавшее затем снижение степени концентрации, очевидно, обусловлено расширением исследований по графену, переросшим в «графеновый бум». Китай присоединился к нему позднее США, однако быстрее сконцентрировал исследовательские усилия в новой подобласти, что в целом отражает индекс Херфиндаля – Хиршмана. Тайвань и Южная Корея с 2006 г. были, в принципе, близки к траектории Китая. Судя

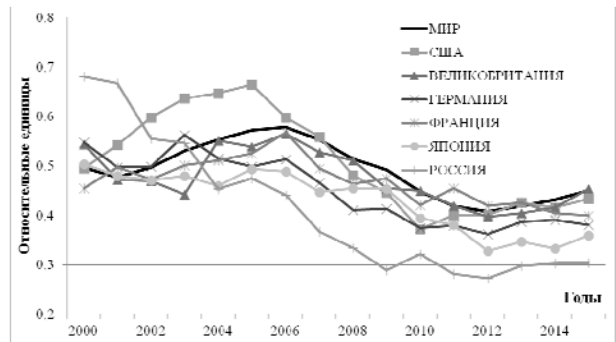


Рис. 7. Концентрация в подобластях (индекс Херфиндаля – Хиршмана): группа G₁ (жирная линия соответствует концентрации мирового «портфеля»)

Fig. 7. Concentration in subfields (Herfindahl – Hirschman index): G₁ group (the thick line corresponds to the concentration of the global «portfolio»)

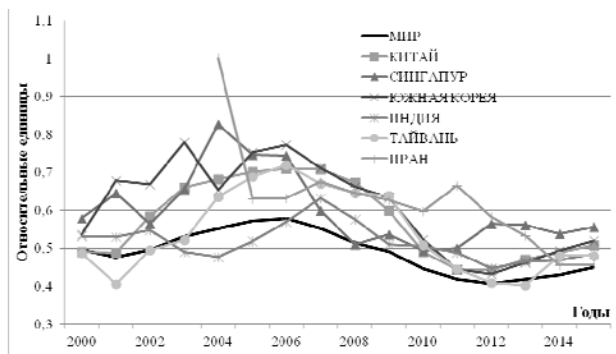


Рис. 8. Концентрация в подобластях (индекс Херфиндаля – Хиршмана): группа G₂

Fig. 8. Concentration in subfields (Herfindahl – Hirschman index): G₂ group

по кривой концентрации, Сингапур оперативнее других в группе реагировал на смену исследовательских приоритетов (рис. 8).

Сопоставление рисунков 7 и 8 позволяет выделить основную схему научного соревнования в области углеродных наноструктур: сначала «старожилы» совершают прорыв в новую подобласть, после чего «новички» устремляются вслед за ними и за счет концентрации и объема исследований быстро развивают потенциал и создают перевес в этой подобласти. Конечно, есть отклонения от схемы и «свой стиль» у отдельных стран. Так, Россия максимально диверсифицировала свой ИП согласно индексу Херфиндаля – Хиршмана. Этим она показала, в частности, пример расхождения двух характеристик научно-исследовательской специализации/диверсификации: через концентрацию национального ИП и его непохожесть на глобальный ИП. Подобное своеобразие продемонстрировала только Украина. Согласно рисунку 9, использующему показатели специализации, Россия не только пропустила смещение мирового фокуса с фуллеренов на УНТ, но и не смогла, за исключением короткого периода после открытия, специализироваться на изучении графена. Зато на фоне других стран она наращивала специализацию в исследовании фуллеренов и стала самой специализированной в области наноалмазов.

Использование подобных графиков позволяет детализировать картину развития углеродного направления НТ, глубже проникнуть в специализацию и роль основных игроков. Так, например, Китай вовремя переключился с фуллеренов на УНТ; старт исследований графена был не за ним, однако с 2006 г. он энергично концентрировал исследовательские усилия в этой подобласти и в 2011 г. достиг в ней большей специализации, чем в остальных; не проявил интереса к наноалмазам, но к 2015 г. достиг специализации в области ДФНУ (Приложение 4, рис. П4.1). Показатели специализации США, продемонстрировав существенные вариации, к концу периода стали приближаться к единице, что в целом соответствует ранее отмеченному увеличению схожести ИП страны; переключившись первыми с фуллеренов на УНТ, США, в конце концов, опять пришли к наибольшей специализации именно в этой подобласти (Приложение 4, рис. П4.2).

К 2015 г. уже более 56% У-нано статей в мире были посвящены графену. Пять стран-«новичков» (исключая Иран) и лишь Великобритания из числа «старожил» имели специализацию в этой подобласти. К ним присоединились также Греция, Швеция и Австралия. Наивысший коэффициент специализации (1,23) имел Сингапур. Примечательно, что, кроме России, три ключевые страны из G_1 – Германия, США, Великобритания – к концу периода продолжали специализироваться на фуллеренах. Конечно, определенную роль здесь мог играть эффект «сообщающихся сосудов» (массовый переток стран-«новичков» в более «горячие» подобласти), однако, возможно, что данная тематика еще не исчерпана. Хотя ДФНУ и наноалмазы служили скорее дополнением для большинства стран в основном исследовании «звездных»

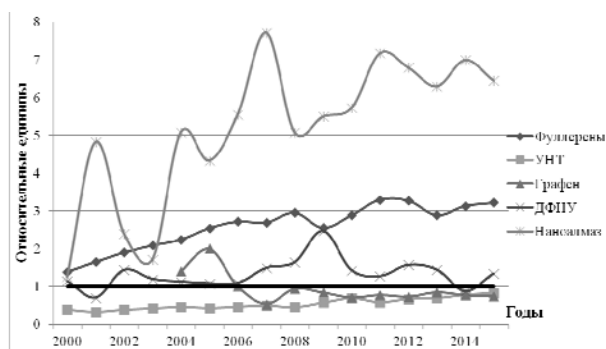


Рис. 9. Динамика показателей специализации России в подобластях углеродных наноструктур

Fig. 9. Dynamics of Russia's specialization indicators in the subfields of carbon nanostructures

наноструктур, их нельзя сбрасывать со счетов, поскольку наноалмазы находят широкие области применения в последнее время [21]. Довольно устойчивый интерес и специализацию в исследовании этих объектов, наряду с Россией, демонстрируют Украина, Германия и Япония¹.

Проведенный анализ показал достаточное разнообразие поведения и исследовательских стратегий стран. Конечно, интересно: связаны ли (и как?) изменения национальных ИП с академическим импактом? К сожалению, предварительное тестирование не дало ясного ответа на этот вопрос. Расчет корреляции показал разнонаправленную связь «исследовательская специализация – импакт» в рамках 30 рассматриваемых стран. Так, наибольшая положительная корреляция между непохожестью ИП (специализация) и относительным показателем цитирования (импакт) была у США ($r \approx 0,91$), наибольшая отрицательная ($r \approx -0,74$) – у Швеции. Для других стран коэффициент корреляции довольно сильно варьировался по величине и знаку. Чтобы справиться с различием цитируемости в подобластях, был рассмотрен также иной прокси-показатель академического импакта: долевой вклад страны в мировой топ-10% сегмент наиболее высоко цитируемых статей (при их дифференцированном сравнении). Расчет корреляции между ним и индексом Херфиндаля – Хиршмана показал, например, положительную связь для стран из G_1 и отрицательную – для стран из G_2 , то есть в первой группе исследовательская специализация (в терминах концентрации) связана с увеличением импакта, во второй – наоборот. Наиболее тесная положительная связь у России ($r \approx 0,84$), отрицательная же – у Южной Кореи ($r \approx -0,78$). Таким образом, рассмотренный случай не показал однозначной связи между диверсификацией исследований с академическим импактом. Возможно, требуется дальнейшее изучение этого вопроса с учетом дополнительных факторов.

¹ Более полный анализ исследовательских стратегий стран в области углеродных наноструктур выходит за рамки настоящей статьи.

4. Топ-1% и топ-10% наиболее цитируемых У-нано статей

Важным показателем научной конкурентоспособности страны является ее вклад в элитную часть научной литературы, куда можно отнести топ-1% и топ-10% наиболее высоко цитируемых публикаций. Наш расчет выполнен по состоянию на 4 ноября 2016 г.; ввиду разных уровней цитирования отбор статей в указанные сегменты проводился по подобластям в следующем порядке: графен, УНТ, фуллерены, ДФНУ, наноалмазы. Согласно таблице 3 по вкладу в топ-1% и топ-10% сегменты У-нано статей США превосходят другие страны суммарно за весь период. Однако в последние годы страны «новички» начинают обгонять «старожилов» по этому показателю, например: Китай – США, Южная Корея – Германию, Иран – Россию (рис. 10). Интересно, что Сингапур, имеющий небольшую долю в мировом выходе У-нано статей, в последние годы последовательно опередил Францию,

Великобританию и Японию по вкладу в их элитную часть (рис. 11). Начиная с 2012 г. Китай опередил США, а Сингапур – три названные страны и в топ-1% сегменте.

Поскольку масштабы национальных исследовательских систем сильно различаются, при их сравнении важно учитывать не только наблюдаемые числа высоко цитируемых публикаций, но и ожидаемые. В библиометрии для этого используют пропорцию публикаций, например в топ-10% сегменте ($PP_{\text{top-10\%}}$), и сравнивают ее наблюдаемые значения для каждой страны с ожидаемым, то есть с 10% [17]. Если такое соотношение $HCI_{\text{top-10\%}} > 1$, то данная страна лучше «мира» как производитель высоко цитируемых статей и наоборот. То же самое характерно для сегмента топ-1%. Эти индексы позволяют более адекватно сравнивать разные страны. Рисунок 12 дает интегральную картинку (за период 2000–2014 гг.), из которой видно, что Сингапур, США, Великобритания, Германия и Китай лучше «мира» в производстве элитных У-нано

Таблица 3

Вклад стран $G_1 \cup G_2$ в высоко цитируемые У-нано статьи, 2000–2014*

Table 3

Contribution of $G_1 \cup G_2$ countries to highly cited U-nano articles, 2000–2014

Страна	Доля У-нано статей в		Страна	Доля У-нано статей в	
	топ-10% сегменте	топ-1% сегменте		топ-10% сегменте	топ-1% сегменте
США	34,7	44,2	Китай	33,5	30,4
Германия	7,4	9,1	Южная Корея	6,2	5,9
Япония	8,0	6,3	Сингапур	3,9	5,3
Великобритания	5,7	7,8	Индия	2,5	1,8
Франция	3,8	4,2	Тайвань	2,2	1,7
Россия	1,2	1,0	Иран	2,1	0,7

* Вклад остальных стран в топ-1% сегмент приведен в Приложении 5 (табл. П5).

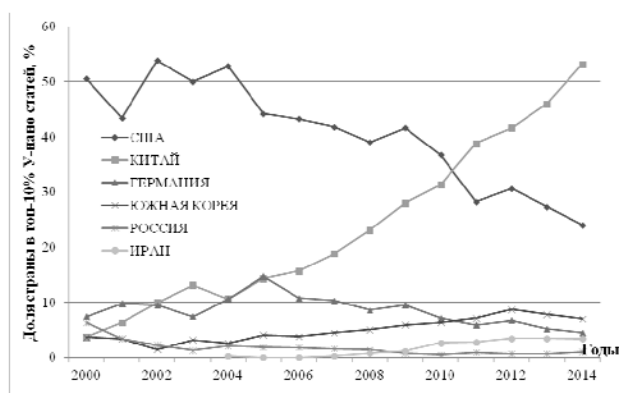


Рис. 10. Сравнение стран по их вкладу в топ-10% сегмент У-нано статей (США и др.)

Fig. 10. Countries comparison on their contribution to the top 10% segment of U-nano articles (USA, etc.)

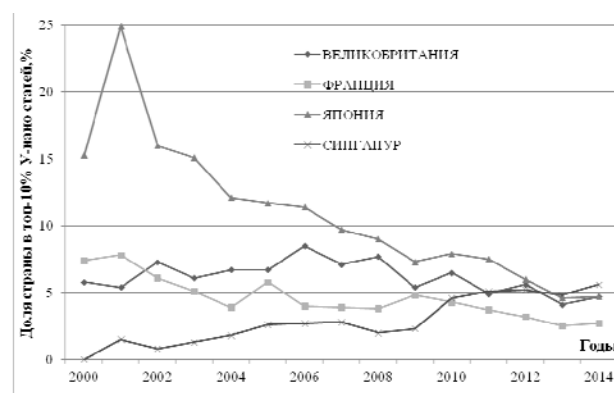


Рис. 11. Сравнение стран по их вкладу в топ-10% сегмент У-нано статей (Великобритания и др.)

Fig. 11. Countries comparison on their contribution to the top 10% segment of U-nano articles (Great Britain, etc.)

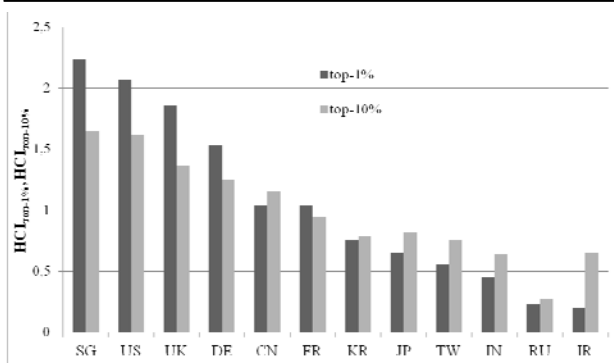


Рис. 12. Отношение наблюдаемых к ожидаемым значениям в сегментах элитных У-нано статей для стран из $G_1 \cup G_2$ за период 2000–2014 гг. (в нижней строке использованы стандартные коды стран)

Fig. 12. The ratio of observed and expected values in segments of elite U-nano articles for $G_1 \cup G_2$ countries in 2000–2014 (a bottom line uses standard country codes)

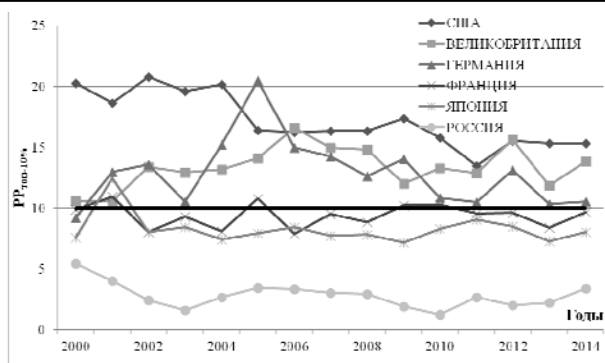


Рис. 13. Фактический процент У-нано статей данной страны (из G_1), вошедших в мировой топ-10% сегмент, по годам (горизонтальная линия показывает ожидаемое значение в 10%)

Fig. 13. The actual percentage of U-nano articles of the country (G_1 group) included in the world top-10% segment by years (a the horizontal line shows an expected value of 10%)

статей, а Южная Корея, Япония, Тайвань, Индия, Россия и Иран – напротив, хуже. Интересно, что фактический вклад Сингапура, США, Великобритании, Германии, а также Франции в топ-1% сегмент У-нано статей превышает ожидаемый уровень сильнее, чем аналогичный их вклад в топ-10% сегмент. То есть вероятность для статей этих стран стать самыми цитируемыми среди уже высоко цитируемых больше. Россия лишь слегка впереди Ирана по показателю $НСI_{top-1\%}$.

На рисунках 13 и 14 показана динамика $PP_{top-10\%}$ относительно ожидаемого значения для разных стран. Согласно данным происходит ослабление позиций трех ключевых игроков из G_1 как эффективных производителей элитных публикаций в области, что особенно очевидно для Германии. Напротив, Сингапур и Китай повышают свою эффективность; причем если для Китая это – длительный устойчивый подъем, то Сингапур продемонстрировал быстрый рост после 2008 г., благодаря которому с 2011 г. он стал лучшим производителем элитных У-нано статей (что относится и к топ-1% сегменту). Франция постоянно находится вблизи ожидаемого 10%-го уровня, а Тайвань максимально приблизился к нему в последние годы. Южная Корея также продемонстрировала восходящую тенденцию; остальные же страны из $G_1 \cup G_2$ располагаются значительно «ниже ватерлинии». Для наименее эффективной среди них России можно отметить лишь слегка наметившиеся признаки подъема в последние три года.

Представляется интересным международное сотрудничество (соавторство) в высшем топ-1% сегменте, охватывающее 32% из 1198 У-нано статей за 2000–2014 гг. Охарактеризуем кратко его модель в терминах анализа социальных сетей. Наряду с 28 рассматриваемыми странами (кроме Украины и Мексики), вклад в него сделали также Австрия, Ирландия, Венгрия, Португалия, Чехия, Эстония и др. – поэтому в сети международных соавторских связей учтем в качестве актора объединенный «Остальной мир».

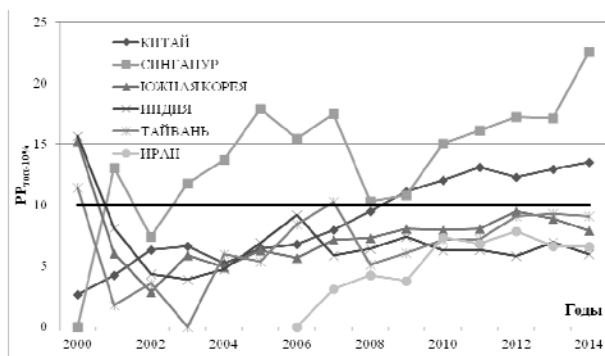


Рис. 14. Фактический процент У-нано статей данной страны (из G_2), вошедших в мировой топ-10% сегмент, по годам

Fig. 14. Actual percentage of U-nano articles of the country (G_2 group) included in the world top-10% segment by years

Плотность соответствующего неориентированного графа размерностью 29×29 составляет около 42%. Максимальную центральность по степени в этой сети имеют США (0,86); далее следуют Китай (0,79), Великобритания (0,75), Германия (0,71), минимальная же центральность (0,04) – у Турции и Малайзии. Показатель России – 0,39. Заметим, что первые четыре страны в центре сотрудничества и в отдельных сетях для УНТ и графена, однако в случае фуллеренов Нидерланды активнее Китая и Великобритании. Нормированная центральность по степени всей сети – 0,47 – говорит, что сеть не сильно централизована. Средний же коэффициент кластеризации – 0,64 – в свою очередь свидетельствует о достаточной степени фрагментированности сети. Так, например, в ней можно выделить наибольшую клику из восьми попарно связанных стран: США, Китая, Германии, Великобритании, Южной Кореи, Сингапура, Нидерландов и России. Вхождение последней обусловлено, главным образом, ее работами по графену. С учетом количества соавторских связей интересна группа наиболее активно сотрудничающих стран (рис. 15), на долю которой

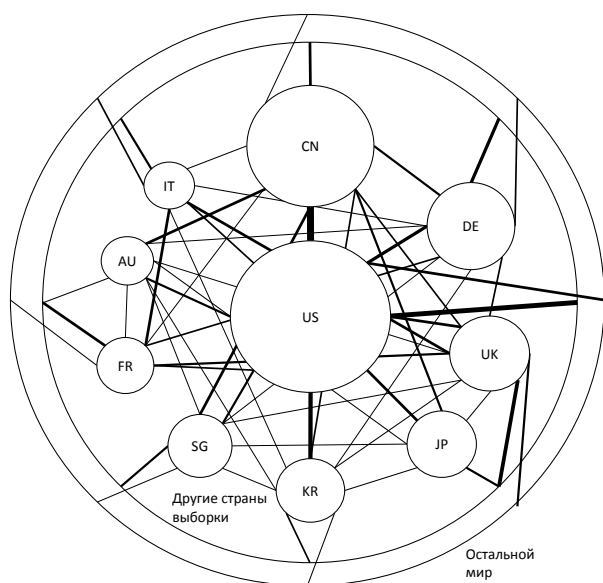


Рис. 15. Группа 10 активно сотрудничающих стран в топ-1% сегменте наиболее цитируемых У-нано статей

Fig. 15. A group of 10 actively cooperating countries in the top 1% segment of the most cited U-nano articles

приходится более 63% всех соавторских связей, а количество слабых связей (всего одна соавторская работа) на порядок меньше, чем во всей сети. В группу входят 5 стран из G_1 , 3 – из G_2 и 2 – из G_3 . С большой вероятностью через сотрудничество с ними у многих оставшихся стран была возможность войти в международный элитный пул научной литературы.

Заметим, что с библиометрической точки зрения не менее важной «стороной медали» может быть наличие у стран «независимых» (без международного соавторства) публикаций в топ-1% сегменте. Так, более половины «независимых» У-нано статей имеют США, Китай, Япония, а также Тайвань, Иран и Турция. Только у России, Финляндии и Малайзии нет таких статей в высшей исследовательской лиге.

Перейдем к характеристике внутрироссийского исследовательского ландшафта.

Список источников / References

2. Novoselov K. S., Geim A. K., Morozov S. V., Jiang D., Zhang Y., Dubonos S. V., Grigorieva I. V., Firsov A. A. Electric field in atomically thin carbon films. *Science*, 2004, 306 (5296), 666–669.
17. 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, 54 (3), 381–397.
20. Roco M. C. Nanotechnology: from discovery to innovation and socioeconomic projects. *Chemical Engineering Progress*, 2011, 107 (5), 21–27.
21. Mochalin V. N., Shenderova O., Ho D., Gogotsi Y. The properties and applications of nanodiamonds. *Nature Nanotechnology*, 2012, 7 (1), 11–23.

Приложения см. с. 64–65

Национальный импакт У-нано статей для стран, не вошедших в $G_1 \cup G_2$
National impact of U-nano articles for countries not included in the $G_1 \cup G_2$

Для удобства построения графиков разобьем оставшиеся 18 стран на три равные группы: G_3 (Австралия, Испания, Италия, Канада, Бразилия, Швеция),

G_4 (Нидерланды, Швейцария, Бельгия, Израиль, Финляндия, Греция), G_5 (Украина, Польша, Турция, Мексика, Малайзия, Саудовская Аравия).

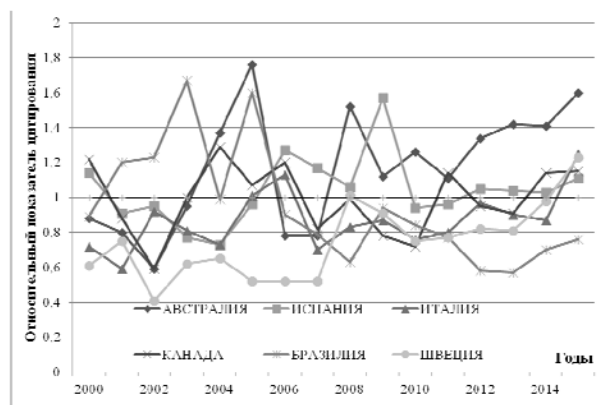


Рис. ПЗ.1. Национальный импакт У-нано статей относительно среднемирового уровня: группа G_3
 Fig. S3.1. The national impact of U-nano articles relative to the world average: G_3 group

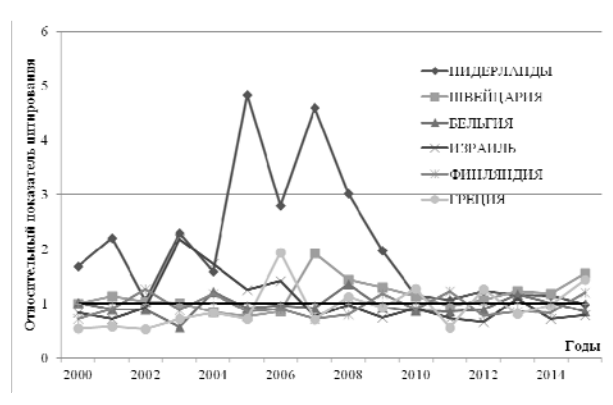


Рис. ПЗ.2. Национальный импакт У-нано статей относительно среднемирового уровня: группа G_4
 Fig. S3.2. The national impact of U-nano articles relative to the world average: G_4 group

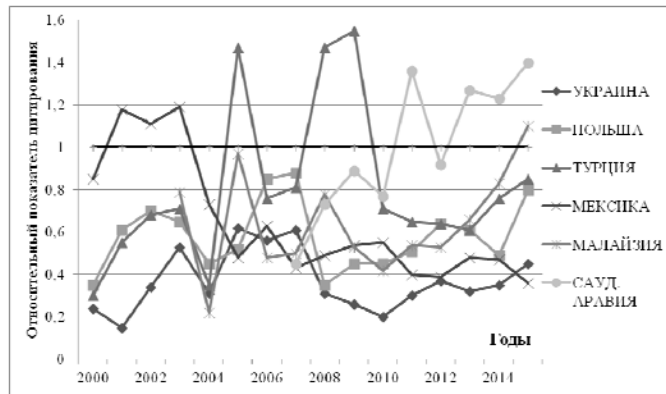


Рис. ПЗ.3. Национальный импакт У-нано статей относительно среднемирового уровня: группа G_5
 Fig. S3.3. The national impact of U-nano articles relative to the world average: G_5 group

Показатели специализации для ключевых стран
Specialization indicators for key countries

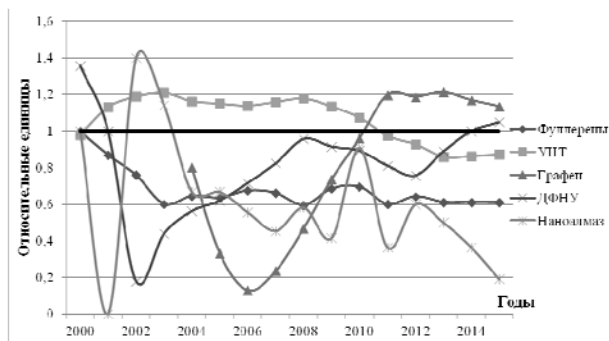


Рис. П4.1. Динамика показателей специализации Китая в подобластях углеродных наноструктур

Fig. S4.1. Dynamics of China's specialization indicators in the subfields of carbon nanostructures

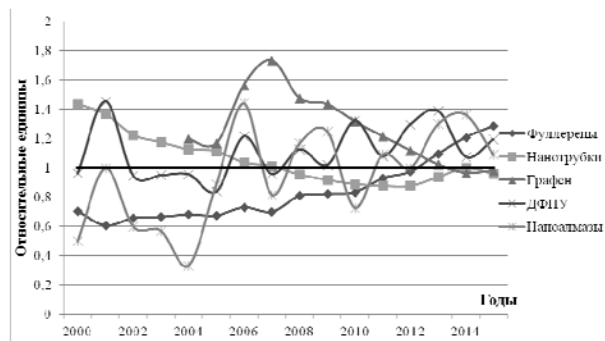


Рис. П4.2. Динамика показателей специализации США в подобластях углеродных наноструктур

Fig. S4.2. Dynamics of USA specialization indicators in the subfields of carbon nanostructures

Вклад стран из G3∪G4∪G5 в топ-1% наиболее цитируемых У-нано статей, 2000–2014

Contribution of the countries from G3∪G4∪G5 in top-1% of the most citing U-nano article, 2000–2014

Страна	Доля У-нано статей в топ-1% сегменте, %	Страна	Доля У-нано статей в топ-1% сегменте, %
Австралия	3,3	Бразилия	0,8
Италия	3,3	Греция	0,7
Испания	2,6	Израиль	0,6
Нидерланды	2,4	Финляндия	0,4
Канада	2,0	Польша	0,3
Саудовская Аравия	1,6	Турция	0,3
Швейцария	1,2	Малайзия	0,1
Бельгия	1,2	Украина	–
Швеция	1,0	Мексика	–

Продолжение следует.

Материал поступил в редакцию 18.09.2017 г.

Сведения об авторе: Терехов Александр Иванович – кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории прикладной эконометрики ЦЭМИ РАН