

Расходы на НИОКР и публикации, как показатели научной активности

Орехов В.Д., МИМ ЛИНК

Аннотация

Активность высших учебных заведений в области публикации научных трудов становится одним из основных показателей качества их деятельности. В связи с этим возникает вопрос о корректности такого подхода, его особенностях, а также взаимосвязи с адекватным финансированием исследований. В данной работе рассмотрены вопросы влияния инвестиций в НИОКР на публикационную активность, соотношение различных индексов публикаций, влияние языкового фактора. Выделены группы стран лидеров публикационной активности и показана динамика смены лидеров.

В последнее время активность высших учебных заведений и научных организаций в области публикации научных трудов стала одним из основных показателей качества их деятельности. В связи с этим возникает вопрос о корректности такого подхода и его особенностях. С другой стороны научная работа требует адекватного финансирования и важно понимать мировой уровень затрат на научную деятельность. Исследованию некоторых аспектов этого вопроса посвящена данная работа.

1. Расходы на НИОКР

Прежде всего, обратим внимание на объемы финансирования научной деятельности в различных странах. В данном вопросе существенно то, что более богатые страны имеют возможность выделять на работы в области исследований и разработок (R&D или НИОКР) большую долю своего ВВП (G). Соответственно рассмотрим, как взаимосвязана доля ВВП, выделяемая на R&D с ВВП на душу населения (G/N) в различных странах мира. График, отражающий долю расходов на R&D¹ в 55 странах мира, значимых в научной сфере, представлен на рис. 1 по состоянию на 2012 год. Для того чтобы показать зависимость этих двух показателей для конкретных стран, они отложены по оси ординат, причем ВВП на душу населения нормирован на 20 000 международных долларов 2012 г. по паритету покупательной способности (ППС).

¹ Данные Мирового банка. Индикаторы. 2014. <http://data.worldbank.org/indicator/IP.JRN.ARTC.SC/>

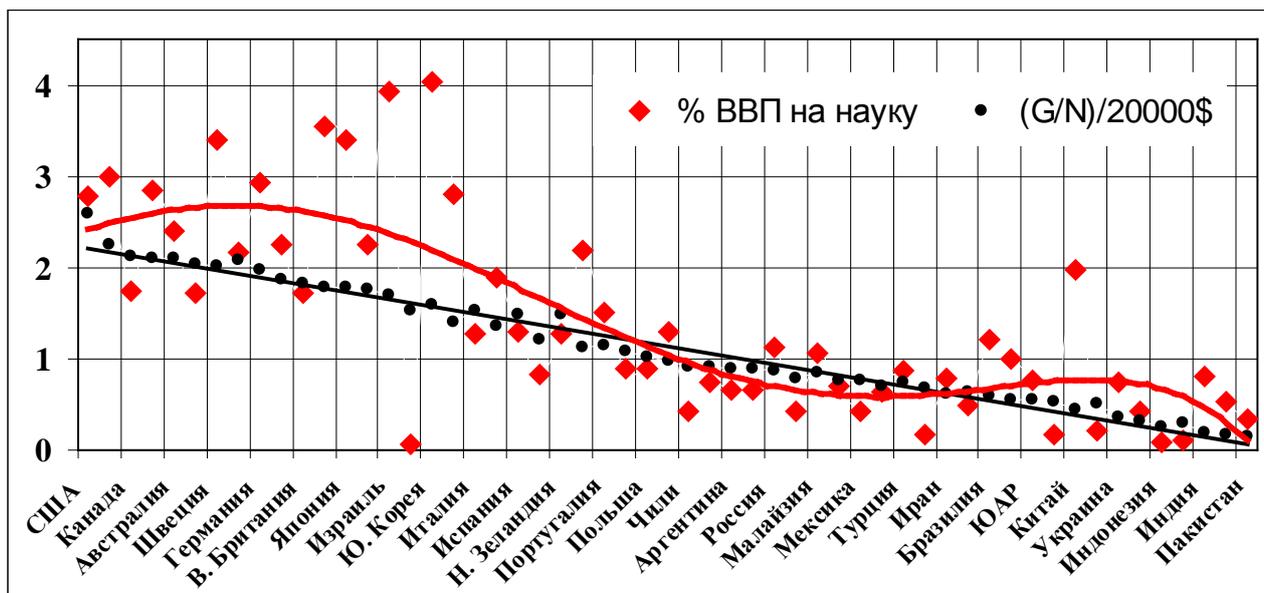


Рис. 1. Связь доли ВВП, выделяемой на R&D (в %), и ВВП на душу населения

Несмотря на существенный разброс данных по сравнению с кривой тренда, можно отметить ряд существенных факторов. Во-первых, явно видно, что лидером по величине превышения уровня тренда является Китай, который выделяет средств на R&D примерно в 2,5 раза больше, чем в соответствии с трендом. В области богатых стран лидерами по сравнению с трендом являются Израиль, Южная Корея, Япония, Швеция и др.

Россия выделяет средств на R&D больше, чем в соответствии с трендом и своим ВВП на душу населения, но не намного. Это позволяет отнести Россию к странам, идущим по пути инновационного развития, но пока не достаточно активно. Другие страны БРИК (Бразилия и Индия) также инвестируют в R&D больше, чем в соответствии со своим уровнем ВВП на душу населения. Рассмотрим также общие закономерности структуры этого графика.

Зона менее 5000 долларов на душу населения (ордината менее 0,25). Видно, что в странах с ВВП на душу населения менее этой величины, уровень затрат на науку часто составляет менее 0,5% и редко превышает 0,9%, что понятным образом связано с уровнем жизни. Больше других (до 0,8%) тратят Индия и Пакистан, что, возможно, связано с их военным противостоянием, в том числе, с созданием ядерного оружия. Лидером по минимизации вложения средств в науку является четвертая по численности населения в мире страна – Индонезия, часто включаемая в 20 лидеров мира (количество ученых в этой стране уменьшается).

Зона от 5000 до 15000 долларов на душу населения (ордината менее 0,75) – это зона «надежды». Страны стремятся вырваться из бедности и вкладывают средства в науку на уровне **0,8%** от ВВП, как инструмент развития. Наиболее активно в этом плане преуспел Китай, который тратит около 2% ВВП на R&D. Весьма активно действуют Бразилия, Иран, Турция – потенциальные лидеры будущего экономического развития в мире.

Зона от 15 000 до 30 000 долларов на душу населения – ее можно назвать «зона спокойствия». Страны тратят меньше средств (**0,8 – 1,6%**) на науку, чем это соответствует их уровню ВВП на душу населения. Относительными лидерами в этой зоне являются: Россия, Малайзия, Н. Зеландия и Португалия.

Зона от 30 000 до 40 000 долларов на душу населения – это относительно узкая зона, в которой значительная доля стран резко увеличивают долю затрат на ВВП до **3,5%** и даже выше, видимо, чтобы занять лидирующее положение в мире. К этой зоне относятся такие страны, как Южная Корея, Израиль Япония, Германия, Швеция, Финляндия.

Свыше 40 000 находится «вторая зона спокойствия». Страны тратят на R&D на уровне **1,8 - 3,0%**, хотя могли бы значительно увеличить затраты, но не делают этого.

2. Кто есть кто в научном мире?

В качестве источника данных о публикационной активности в настоящее время широко используется портал SCImago Journal & Country Rank (SJR) <http://www.scimagojr.com>, представляющий в свободном доступе, в удобной форме рейтинги стран и журналов на основе анализа научных публикаций в Интернет с использованием информации, содержащейся в базе данных Scopus (Elsevier B.V.) и с применением известного алгоритма [Google PageRank™](#).

Графики доли публикаций (в %) в различных группах стран согласно SCImago, представленные на рис. 2, показывают, что доля стран большой четверки G4 в суммарном годовом объеме публикаций (P) убывает достаточно монотонно. Это позволяет аппроксимировать дальнейшее поведение публикационной активности приведенных групп (участники групп на рис. 2 указаны в порядке убывания их публикационной активности).

С другой стороны доля публикаций стран БРИК (B4) постоянно повышается. Можно прогнозировать, что около 2020 года доля публикаций стран БРИК станет больше, чем G4. Это вполне естественно с учетом того, что уже сейчас ВВП (по ППС) этих стран примерно равны (по данным МВФ и Всемирного банка ВВП БРИК превысил G4 в 2011 году, а по данным ЦРУ пока меньше).

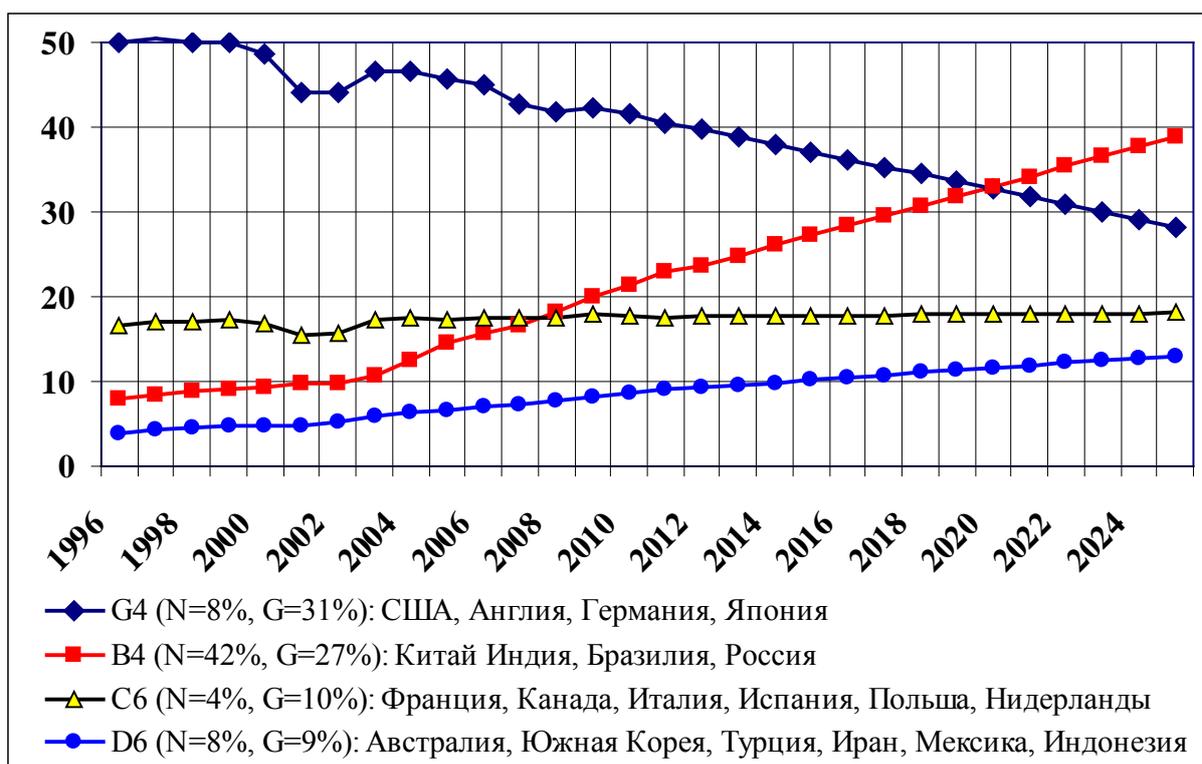


Рис. 2. Доля научных публикаций различных групп стран по SCImago (в %)

Поскольку ВВП стран БРИК быстро растет, то это дает возможность увеличивать долю отчислений на R&D не вызывая особых социальных протестов, несмотря на относительно невысокий ВВП на душу населения. В сумме эти две группы стран дают около двух третей всего числа публикаций в мире.

Страны С6, D6 также являются взаимно дополняющими, причем доля научных публикаций группы С6 практически постоянна (рис. 2), а доля группы D6 довольно быстро увеличивается, хотя и остается значительно меньше, чем С6 (они могут сравняться около 2045 года).

Доля стран С6, D6 в мировом объеме публикаций составляет около 28%. А вместе научная двадцатка: G4, B4, С6, D6 обеспечивает около **91%** мирового объема публикаций согласно данным SCImago. Это значительно больше, чем вклад «двадцатки» в мировой ВВП (около 80%), число ученых (78%) и численность населения (62%).

Аналогичный график был также построен по данным Web of Science, приведенным в работе Thomson Reuters². Этот график подобен приведенному на рис. 2, однако несколько отличается от него, в частности, равенство объема публикаций БРИК и G4 достигается примерно в 2023 году.

В связи с тем, что данные различных источников по объему публикаций заметно различаются, важно понять их соотношение. На рис. 3 приведены данные по суммарному числу публикаций в мире согласно различным источникам.

² L. Gaze J. Breen. The Research & innovation performance of the G20. Thomson Reuters, 2014.
<http://sciencewatch.com/grr/the-g20-nations>

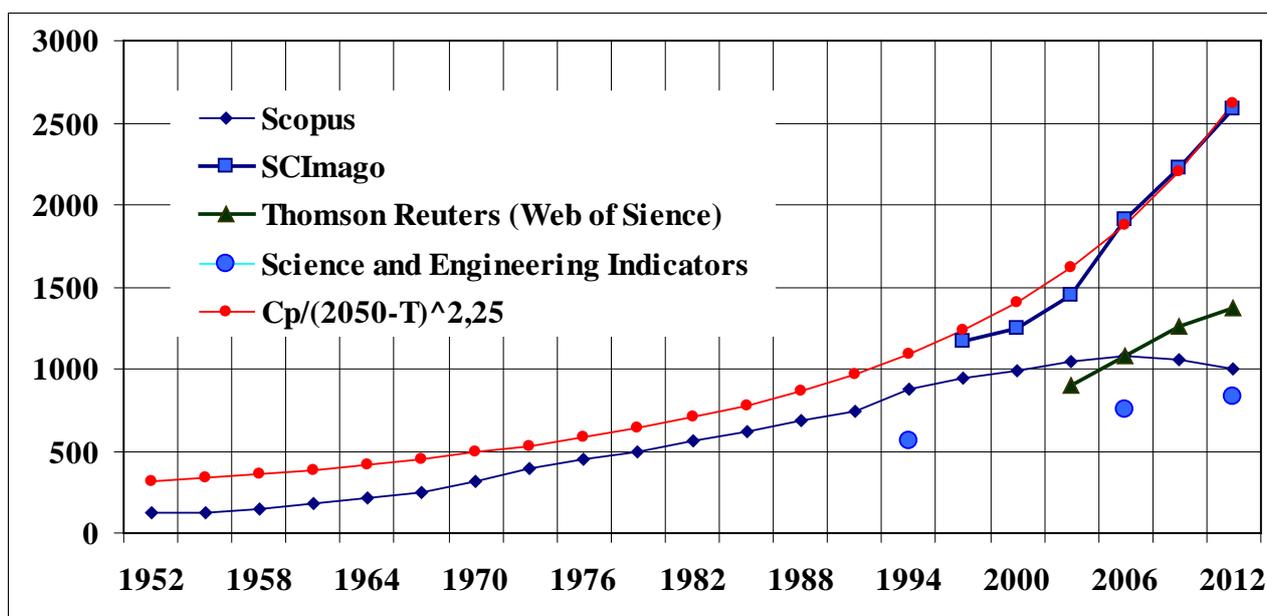


Рис 3. Объем публикаций в мире согласно различным источникам (тысяч)

Для оценки суммарного объема знаний в мире, как было показано автором ранее³, может быть использовано выражение типа

$$Z \approx 2,25 \cdot 10^9 / (2050 - T)^{1,25} \quad (1)$$

Здесь объем знаний дан в условных книгах (у.к.). Объем такой книги примерно равен 1 Мбайту. Дифференцируя данное выражение, получим выражение для ежегодного объема публикаций в мире

$$P = 2,81 \cdot 10^9 / (2050 - T)^{2,25} \quad (2)$$

Если принять, что объем средней публикации равен 0,15 у.к., а объем проиндексированных в Интернет изданиях научных публикаций составляет 50% от объема вновь создаваемого за год знания, то для определения числа проиндексированных публикаций в формуле (2) коэффициент при гиперболе нужно взять равным $C_p = 9,4 \cdot 10^9$. Гипербола с данным коэффициентом и приведена на рис. 3. Видно, что она достаточно хорошо согласуется с объемом публикаций SCImago. Данные Scopus⁴ соответствуют примерно 1/3 потока знаний в мире, поэтому они лежат ниже. Данные же Thomson Reuters³ и Science and Engineering Indicators^{5 6} отличаются еще более высоким уровнем отбора публикаций.

Следует отметить, что гипербола (1) и соответственно формула (2) имеют ограничение по зоне применимости, в силу влияния демографического перехода, и эту зависимость нельзя пролонгировать далеко в будущее.

³ О парной взаимосвязи технологических революций. Журнал «European Applied Sciences», № 11 2013.

⁴ Mosher D. Genealogy of Science According to Scopus, Wired Magazine, 2011, 8 March.

<http://aminotes.tumblr.com/post/4027872129/genealogy-of-science-according-to-scopus>

⁵ Рейтинг стран мира по уровню научно-исследовательской активности. Science and Engineering Indicators 2014. Центр гуманитарных технологий. <http://gtmarket.ru/ratings/scientific-and-technical-activity/info>, 2014.

⁶ Марков А. Мировая статистика научно-технического развития: Китай рвется вперед, Россия сдает позиции. 2010. http://21region.org/news/world_news/52818-mirovaya-statistika-nauchno-texnicheskogo-razvitiya-kitaj-rvetsiya-vpered-rossiya-sdaet-pozicii.html

3. Влияние финансового фактора на публикационную активность

На рис. 4 представлено отношение ВВП различных стран к числу публикаций по SCImago (G/P) в млн. долл. 2013 г. по ППС.

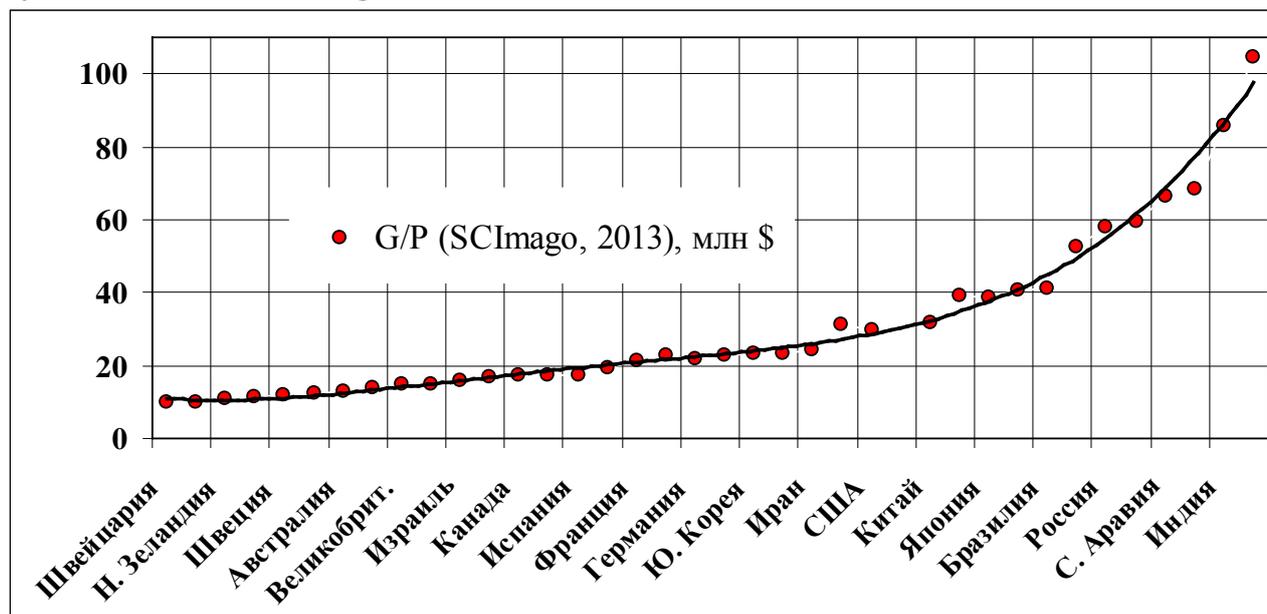


Рис. 4. Отношение ВВП к числу публикаций за год по SCImago, млн. долл.

Показатель G/P характеризует эффективность конверсии ВВП страны в создание новых знаний. Видно, что он меняется в очень широких пределах от 10 млн. долл. на публикацию для развитых стран до 100 млн. долл./публ. для развивающихся стран (Мексика, Нигерия, Индия, Аргентина и др.). Это связано с тем, что развивающиеся страны выделяют меньше средств на инвестирование R&D. Для стран - лидеров научного развития G/P лежит в пределах 20 – 40 млн. долл./публ. Россия примыкает к зоне лидеров со смещением в сторону развивающихся стран, что также связано с недостаточным финансированием R&D.

В качестве показателя эффективности публикационной активности можно использовать отношение объема инвестиций в R&D к числу публикаций по SCImago (G_s/P - стоимость одной публикации в тыс. международных долларов 2012 год. по ППС). Зависимость данного показателя от объема инвестиций страны в R&D в сотнях млн. долл. представлена на рис. 5.

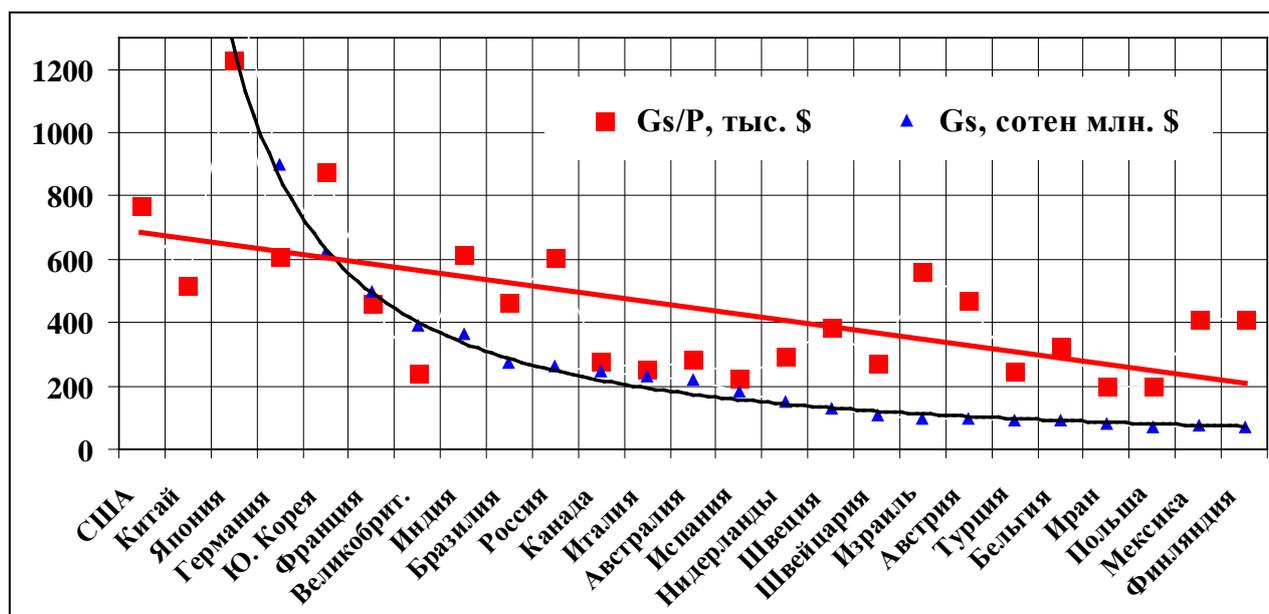


Рис. 5. Стоимость одной публикации по SCImago в разных странах

Согласно основной тенденции, заметной на рис. 5, чем больше средств выделяет страна на R&D, тем менее эффективно используются эти инвестиции. Это может быть связано с тем, что страны, делающие большие инвестиции в науку, рискуют открывать новые направления исследований, причем масштабные. Но вполне возможно, что они менее внимательно следят за эффективностью использования средств.

Относительно высокую стоимость (на уровне 600 000 долл. за публикацию) тратит большинство лидеров научного развития, т.е. страны, инвестирующих в R&D ~80% мирового объема средств. Лишь Англия отличается по эффективности использования средств на R&D от группы лидеров по причине, связанной с языковым фактором. С другой стороны такие страны, как Япония и Южная Корея тратят в 1,5-2 раза больше, возможно, также в связи с языковым фактором. Большинство стран Европы и ряд развивающихся стран тратят на уровне 300 000 долл. за публикацию.

Применительно к России одна публикация SCImago соответствует инвестициям в R&D размере примерно 600 тыс. долл. (по ППС, 2012 г.), а публикация, отраженная в Science and Engineering Indicators, примерно второе дороже. Следует отметить, что Россия находится на границе между лидирующей десяткой и странами, тратящими средства более экономно. Потенциально она могла бы примерно в полтора раза увеличить объем публикаций при том же финансировании. Полученные оценки могут быть ориентиром адекватности инвестиций в R&D в конкретных организациях.

4. Публикационная активность и языковой фактор

Некоторые особенности публикационной активности можно понять, рассмотрев языковой фактор. Так, из 50 международных научных журналов, имеющих согласно SCImago Journal & Country Rank (SJR) наиболее высокий

рейтинг, 27 публикуются в США и 23 в Великобритании. Ни один журнал высшего рейтинга не издается на других языках.

Посмотрим, к чему это приводит. Так, Великобритания находится на восьмом месте по объему ВВП и числу ученых и на втором по активности публикации. Из рис. 5 видно, что одна публикация для ее обходится почти второе меньше, чем для стран лидирующей группы. Вероятно, это связано с тем, что большинство публикаций, учитываемых в международных поисковых системах, ориентировано на английский язык.

Отраженные в Scopus публикации⁷ в доминирующем большинстве (82%) публикуются на английском языке. Доля различных языков публикаций в мире представлена ниже в таблице 1 (здесь к английской языковой группе отнесены: США, Англия, Канада, Австралия и Новая Зеландия).

Таблица 1. Распределение научной активности и публикаций по языкам

	Доля публикаций (по SCImago) в мире, %	Доля средств на R&D в мире, %	Доля публикаций (Scopus) на языке группы, %
Английский	37	38	82
Китайский	15	16	2,2
Немецкий	6,0	6,6	3,5
Французский	4,3	3,7	2,4
Русский	1,7	1,9	2,0
Другие	36	33	8

Видно, что отношение доли публикаций по SCImago в мире к доле средств на R&D для всех групп близко к единице (отклонения на уровне 10%) и явно выраженных приоритетов не заметно. Однако для английской группы это связано с высокой эффективностью использования средств на науку в Англии, Канаде, Австралии и Новой Зеландии и низкой в США, что связано с высокой мировой долей средств, выделяемых на науку в США.

При этом на английском языке публикуется примерно вдвое больше статей, чем в странах данной языковой группы. С другой стороны страны, не входящие в эти пять языковых групп, обеспечивают примерно треть мирового потока научных исследований, но на их языках публикуется лишь 8% статей, т.е. языковое смещение здесь примерно четырехкратное. Для китайского же языка языковое смещение семикратное, т.е. только седьмая часть публикаций китайцев производится на китайском языке.

Интересно, что для России языковое смещение практически отсутствует. Это связано с тем, что на русском языке публикуется достаточно много статей авторами других стран бывшего Союза. Вероятно, также в этом проявляется недостаточность умения русскоязычных авторов публиковаться на других языках.

⁷ Главачева Ю.Н. SciVerse Scopus – продукт компании Elsevier, 2013.
http://library.kpi.kharkov.ua/Prezent/2_scopus.pdf

В целом, можно отметить, что показатель публикационной активности существенно зависит от языкового фактора и это важный ресурс существенного увеличения публикационной активности России за счет относительно малых целевых вложений средств в снятие языкового барьера.

Выводы

1. Существует ряд реферативных баз, которые значительно отличаются по объему учитываемых публикаций.
2. Годовой объем публикаций в мире близок к гиперболической зависимости от времени $P = 2,81 \cdot 10^9 / (2050 - T)^{2,25}$
3. Доля ВВП, выделяемая на R&D, как правило, растет с ростом ВВП на душу населения.
4. Инвестиции в R&D на одну публикацию SCImago в десятке стран лидеров составляет около 600 тыс. \$.
5. В мировых реферативных базах доминирует учет публикаций на английском языке (~ 89%).
6. Доля публикаций в странах большой четверки G4 падает, а в странах БРИК растет и к 2020 г. может превзойти уровень G4.

Литература

1. Данные Мирового банка. Индикаторы. 2014.
<http://data.worldbank.org/indicator/IP.JRN.ARTC.SC/>
2. L. Gaze J. Breen. The Research & innovation performance of the G20. Thomson Reuters, 2014. <http://sciencewatch.com/grr/the-g20-nations>
3. Орехов В.Д. О парной взаимосвязи технологических революций. Журнал «European Applied Sciences», № 11 2013.
4. Mosher D. Genealogy of Science According to Scopus, Wired Magazine, 2011, 8 March. <http://aminotes.tumblr.com/post/4027872129/genealogy-of-science-according-to-scopus>
5. Рейтинг стран мира по уровню научно-исследовательской активности. Science and Engineering Indicators 2014. Центр гуманитарных технологий. <http://gtmarket.ru/ratings/scientific-and-technical-activity/info>, 2014.
6. Марков А. Мировая статистика научно-технического развития: Китай рвется вперед, Россия сдает позиции. 2010.
http://21region.org/news/world_news/52818-mirovaya-statistika-nauchno-technicheskogo-razvitiya-kitaj-rvetsya-vpered-rossiya-sdaet-pozicii.html
7. Главачева Ю.Н. SciVerse Scopus – продукт компании Elsevier, 2013.
http://library.kpi.kharkov.ua/Prezent/2_scopus.pdf

Аннотация

Активность высших учебных заведений в области публикации научных трудов становится одним из основных показателей качества их деятельности. В связи с этим возникает вопрос о корректности такого подхода, его особенностях, а также взаимосвязи с адекватным

финансированием исследований. В данной работе рассмотрены вопросы влияния инвестиций в НИОКР на публикационную активность, соотношение различных индексов публикаций, влияние языкового фактора. Выделены группы стран лидеров публикационной активности и показана динамика смены лидеров.