

Глава 8. Система создания знания

Как было показано выше, будущее человечества во многом зависит от того, какими темпами будет расти знание и удастся ли в ходе ближайших технологических революций создать возможности роста знания без роста числа людей. В связи с этим рассмотрим современную систему создания знания человечества.

8.1. Число работников НИОКР в мире

Как уже отмечалось, согласно данным ЮНЕСКО²⁷², за пять лет – с 2002 по 2007 год – количество ученых в мире выросло с 5,8 до 7,1 млн человек с темпом роста 4,1% в год. По данным Institute for Statistics, число ученых в 2004 году было на 12% меньше²⁷³.

Одновременно с этим увеличиваются инвестиции в исследования и разработки. Так, в 2007 году на R&D в среднем по всем странам выделялось 1,74% ВВП (в 2002 году – 1,71%). 70% мировых расходов на эти цели приходится на Евросоюз, США и Японию. Таким образом, число ученых составило около 0,1% населения мира и для их научной работы требуется примерно в 17 раз большая доля ВВП.

Рассмотрим, как изменялось число ученых в разные эпохи развития человечества. Согласно СЭС²⁷⁴, в XVII веке (напомним, что 1670 год соответствует началу второго этапа научной революции, см. табл. 5.7) число ученых начинает удваиваться каждые 10–15 лет. Данные о числе ученых в мире приведены в табл. 8.1 и на рис. 8.1, на котором также дан график экспоненты (8.1) с десятикратным темпом роста за 50 лет (удвоение примерно за 15 лет).

$$N_S = 10^{T/50-33}. \quad (8.1)$$

Таблица 8.1. Численность ученых в мире

Время	Ученых, тыс.	Время, год	Ученых, тыс.
На рубеже XVIII—XIX веков ²⁷⁵	~ 1	1975 ²⁷⁶	4 900
В середине XIX века	10	2002	5 800
В 1900 году	100	2007	7 100

Видно, что представленная в табл. 8.1 информация о числе ученых достаточно хорошо согласуется с экспонентой до 1970 года. Но эта зависимость означает, что ко времени учреждения академии наук Франции в 1666 году в мире было всего два ученых и на одного ученого приходилось порядка 500 000 у.к. знаний.

²⁷² Пресс-коммюнике ЮНЕСКО № 2009–139.–2009.

²⁷³ В конце 2004 года в мире насчитывалось 5 млн 521,4 тыс. ученых. *Institute for Statistics*, 2006. –2015. <http://www.rhr.ru/index/news,17670,0.html>

²⁷⁴ Советский энциклопедический словарь. – М., 1987.

²⁷⁵ Особенности современной науки// Науч.-информ. журн. «Биофайл». <http://biofile.ru/his/2038.html>

²⁷⁶ СССР в цифрах в 1975 году. – М., 1976.

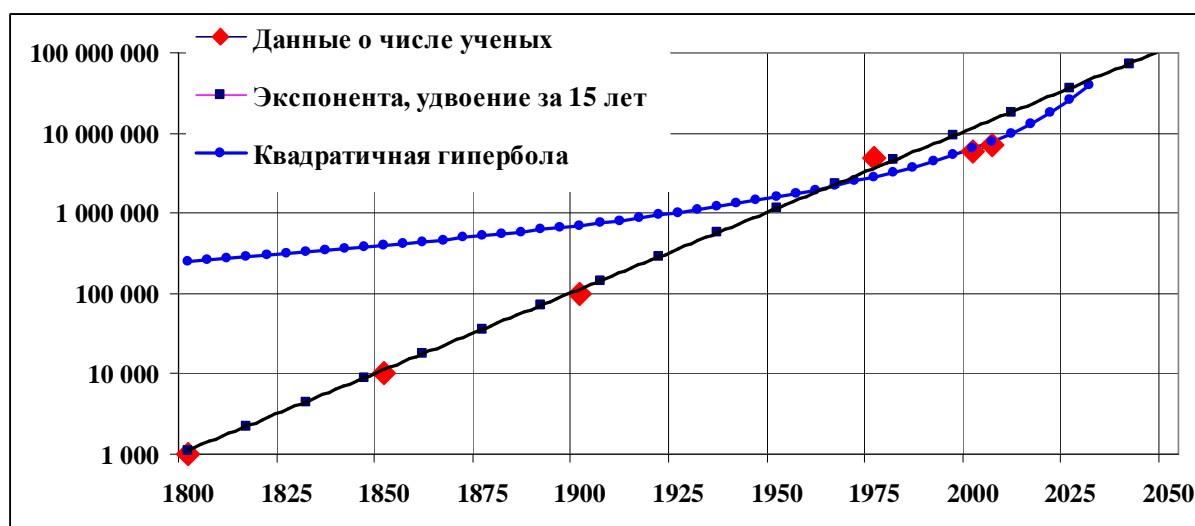


Рис. 8.1. Численность ученых в мире

Можно сделать вывод, что ни создать, ни использовать этот знаниевый потенциал такое малое количество ученых не могло. Столь малое число ученых в прошлом также не согласуется с существованием античной науки и ученых эпохи Возрождения.

Видимо, противоречие заключается в том, кого считать ученым. Если принять, что ученые – это те люди, которые занимаются исследованиями и разработками, т.е. созданием знаний и разработкой на их основе новых продуктов, то их количество должно логичным образом соотноситься с приростом объема знаний. Особенно это относится к современной эпохе, поскольку сейчас созданием нового знания занимаются в основном специально обученные люди.

Если предположить, что существует однозначная связь между созданием нового знания и числом ученых и разработчиков, то можно оценить их число N_S через производительность научного труда одного ученого $\Delta Z_{S1}(T)$. Для этого воспользуемся тем, что в настоящее время, как было показано в главе 5, $\Delta Z_{S1} = 6,8\%$ у.к. в год на одного ученого или разработчика. Примем также, что с удалением в прошлое производительность научного труда, согласно формуле (5.4), уменьшается обратно пропорционально времени в степени 0,25. Соответственно

$$\Delta Z_{S1}(T) = K_S / (2050 - T)^{0,25}. \quad (8.2)$$

Здесь $K_S = \Delta Z_{S1} (2050 - 2007)^{0,25} = 0,175$. При этом за технологическую революцию (включая предшественников) производительность научного труда возрастает примерно на 8%, как показано в табл. 8.2.

Количество ученых должно быть примерно равно или больше, чем отношение прироста знания к производительности научного труда одного человека. Определив годовой прирост знания через дифференциал уравнения (5.4) и отнеся его к производительности труда одного ученого по формуле (8.2), получим выражение для числа ученых в прошлом, которое представляет собой квадратичную гиперболу.

$$N_S = 16 \cdot 10^9 / (2050 - T)^2. \quad (8.3)$$

Соответствующая кривая приведена на рис. 8.1 и в табл. 8.2. Согласно выражению (8.3), число ученых до 1950 года было значительно больше, чем согласно экспоненциальной зависимости с удвоением за 15 лет.

Таблица 8.2. Рост числа научных работников

Год	Технологическая революция (эпоха)	N, млрд	Z, млн у.к.	Ns, тыс.	Ns/N, %	ΔZ_{s1} , % у.к.	ΔZ , тыс. у.к. в год
52	Предфеодальная	0,10	0,11	4	0,004	2,6	0,1
630	Феодальная	0,14	0,18	8	0,006	2,9	0,2
1038	Предремесленная	0,20	0,27	16	0,008	3,1	0,5
1325	Ремесленная	0,29	0,42	31	0,011	3,4	1,0
1530	Возрождение	0,40	0,64	59	0,015	3,7	2,2
1674	Классическая наука	0,57	1,0	113	0,020	4,0	4,5
1776	Первая промышленная	0,80	1,5	213	0,027	4,3	9,2
1848	Вторая промышленная	1,13	2,3	392	0,035	4,6	18
1899	Предвестник НТР	1,59	3,6	700	0,044	5,0	35
1935	Научно-техническая	2,22	5,4	1 203	0,054	5,3	64
1968	Предкибернетическая	3,54	9,2	2 358	0,067	5,8	137
1990	Кибернетическая	5,25	13,5	4 382	0,083	6,3	276
2006	Предбиотехнологическая	6,53	19,8	6 917	0,106	6,8	470

Из рис. 8.1 также видно, что после 1980 года число ученых стало значительно отставать по темпам роста от экспоненты с удвоением за 15 лет. К 2050 году, согласно и экспоненте и гиперболе, число ученых должно превысить 100 млн человек, что сегодня маловероятно. Вероятно, что в ближайшее время скорость роста числа ученых будет соответствовать экспоненте с удвоением примерно за 20 лет.

Обратим внимание еще раз на данные о количестве ученых в современном мире²⁷⁷: «За пять лет количество ученых в мире значительно выросло – с 5,8 до 7,1 миллиона человек. Это произошло прежде всего за счет развивающихся стран: в 2007 году число учёных здесь достигло 2,7 миллиона по сравнению с 1,8 миллиона пятью годами раньше». Таким образом, число ученых в развитых странах, в которых уже произошел демографический переход, выросло с 4 до 4,4 млн за 5 лет, т.е. всего на 10%, по сравнению с 50%-ным ростом в развивающихся странах (~9% в год). Тем не менее в развитых странах число ученых составляет около 0,44%, а в развивающихся – в десять раз меньше.

Нужно отметить, что в отношении Китая, который является основным драйвером роста числа ученых и активности в области НИОКР в развивающемся мире, численность работников, относящихся к R&D, после 2009 года подверглась значительной корректировке (порядка 20% в сторону уменьшения²⁷⁸). При этом количество ученых до 2009 года не было скорректировано. В результате данные о числе ученых в развивающихся странах вблизи 2007 года следует уменьшить примерно на 10%, а в мире – на 5%. Темпы роста числа ученых в развивающихся странах за этот период существенно завышены, хотя и остаются более высокими, чем в развитых странах.

Для анализа научной активности лидирующих стран мира выделим из них двадцатку наиболее успешных по различным показателям, влияющим на научную дея-

²⁷⁷ Пресс-коммюнике ЮНЕСКО № 2009-139. 2009.

²⁷⁸ Адамс Дж., Пендлбери Д., Стембридж Б. Строительные кирпичики БРИК. – Thomson Reuters, 2013.
http://wokinfo.com/media/pdf/brick_russian.pdf

тельность^{279, 280, 281} (табл. 8.3). Страны ранжированы по среднему арифметическому пяти показателей. В виде исключения в список включена Индонезия, хотя при ранжировании ее место было за Аргентиной и ЮАР, однако было учтено, что эта страна занимает четвертое место в мире по численности населения, поэтому учет активности данной страны важен с точки зрения долгосрочного прогнозирования.

Видно, что такая двадцатка достаточно хорошо соответствует группе стран, известных как «Большая двадцатка», а также странам, рассмотренным в прогнозе PwC²⁸². Для дальнейшего анализа выделим среди этих стран четыре группы (при разделении на две группы стран С6 и D6 ко второй из этих групп были отнесены более быстро развивающиеся страны):

G4 (Большая четверка): США, Япония, Германия, Великобритания.

B4 (БРИК): Китай, Россия, Индия, Бразилия.

С6: Франция, Италия, Канада, Испания, Польша, Нидерланды.

D6: Южная Корея, Турция, Иран, Мексика, Австралия, Индонезия.

Таблица 8.3. Позиции, занимаемые лидирующими странами мира

Страна	ВВП (ППС)	Население	Публикации	Число ученых	Инвест. в R&D	Среднее
1. США	1	3	1	1	1	1
2. Китай	2	1	2	2	2	2
3. Япония	4	10	5	3	3	5
4. Индия	3	2	9	9	8	6
5. Германия	5	16	4	5	4	7
6. Россия	6	9	13	4	10	8
7. Бразилия	7	5	15	11	9	9
8. Великобритания	8	21	3	8	7	9
9. Франция	9	22	6	7	6	10
10. Ю. Корея	12	27	12	6	5	12
11. Италия	11	23	8	13	12	13
12. Канада	13	38	7	10	11	16
13. Испания	14	29	10	12	14	16
14. Турция	16	18	20	15	20	18
15. Мексика	10	11	28	24	23	19
16. Иран	18	17	23	17	22	19
17. Австралия	17	51	11	14	13	21
18. Польша	19	36	19	16	24	23
19. Нидерланды	21	64	14	18	16	27
20. Индонезия	15	4	61	36	36	30

На рис. 8.2 представлена динамика роста числа ученых в этих четырех группах стран, включая прогноз до следующей технологической революции 2026 года на основе аппроксимации. Видно, что темпы роста в странах БРИК значительно выше, чем

²⁷⁹ Данные Мирового банка. Индикаторы. 2014. <http://data.worldbank.org/indicator/IP.JRN.ARTC.SC/>

²⁸⁰ SCImago Journal&Country Rank, 2014. <http://www.scimagojr.com/countryrank.php>

²⁸¹ Якшенок Г.П. Публикации международного уровня: критерий оценки и рекомендации по подготовке. – 2012. http://news.tpu.ru/uploads/images/doc/2014/3/YAkshonok_G_P.Publikatsiya_megdunarodnogo_urovnya_April2012.pdf

²⁸² Хоксворт Дж., Тивари А. Мир в 2050 году. Ускорение процесса изменения баланса экономических сил в мире: проблемы и возможности. – 2011.

в группе G4. За 18 лет число ученых в странах БРИК увеличилось примерно вдвое, т.е. средний темп роста составил около 4%, а в странах G4 – около 2% в год. При этом темп роста числа ученых в странах БРИК возрастает, а в G4 – падает. Это ведет к тому, что около 2018 года число ученых в странах БРИК станет больше, чем в G4, и в дальнейшем разница будет достаточно быстро увеличиваться.

Аналогично ведут себя и две другие группы стран. Темп роста в группе D6 даже выше, чем в B4, и составляет около 5,5% в год, а в группе C6 – вдвое меньше. Уже в 2014 году число ученых в группе D6 превысило их число в C6, и в дальнейшем разница будет довольно быстро нарастать.

В среднем по «двадцатке» темп роста с 1996 по 2014 год составил около 3% в год, что соответствует удвоению числа ученых за 23 года. Тем не менее темп роста меньше, чем согласно данным ЮНЕСКО²⁸³ (4,1% в год), что связано прежде всего с упомянутой выше поправкой по количеству ученых в Китае²⁸⁴.

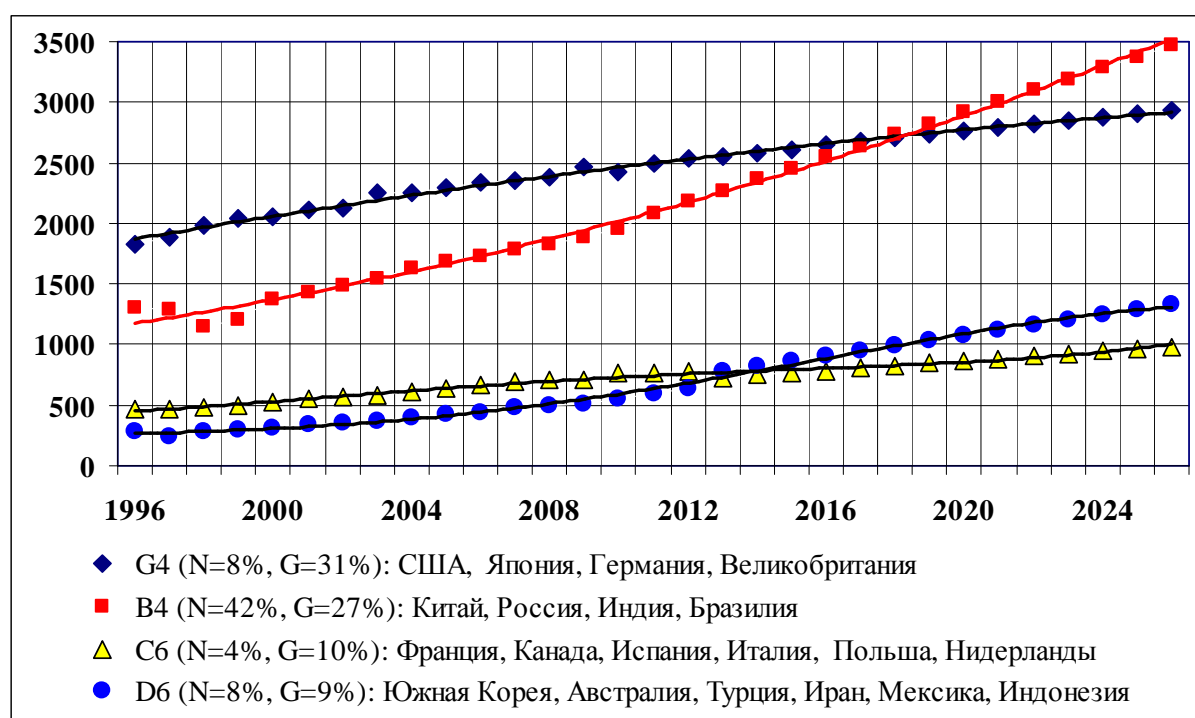


Рис. 8.2. Число ученых в различных группах стран «двадцатки» (тысяч)

Отметим, что число ученых в «двадцатке» составляет около 78% от суммарного числа ученых в мире. Число ученых в следующих 25 странах составляет еще около 10% их мировой численности, и темп роста их количества составляет также около 3% в год. Таким образом, в сумме темп роста числа ученых остается лишь немного медленнее экспоненциального и тенденция к замедлению роста числа ученых пока проявляется не очень сильно.

Согласно прогнозу, представленному на рис. 8.2, темп роста числа ученых на следующие десять лет составит около 2,5% в год (удвоение за 28 лет). К дате следующей технологической революции 2026 года число ученых достигнет около 11 млн чел., причем в рамках «двадцатки» лишь около четверти этого прироста дадут развитые страны

²⁸³ Пресс-коммюнике ЮНЕСКО № 2009–139. 2009.

²⁸⁴ Адамс Дж., Пендлбери Д., Стембридж Б. Строительные кирпичики БРИК. – Thomson Reuters, 2013.

групп G4 и C6. Обращает также внимание то, что группы B4 и D6 обладают в четыре раза большим человеческим потенциалом, чем G4 и C6, и приближаются к ним по объему ВВП, что может послужить важной основой для дальнейшего развития стран в этих группах.

8.2. Система создания знания

Существенно, что система создания *нового* знания в мире состоит из двух значительно различающихся подсистем, действующих на базе развитых и развивающихся стран. Эти две системы можно представить так, как показано на рис. 8.3^{285, 286, 287} (здесь речь идет об общепринятом понимании понятия «развивающиеся» страны, в отличие от принятого в предыдущем разделе).

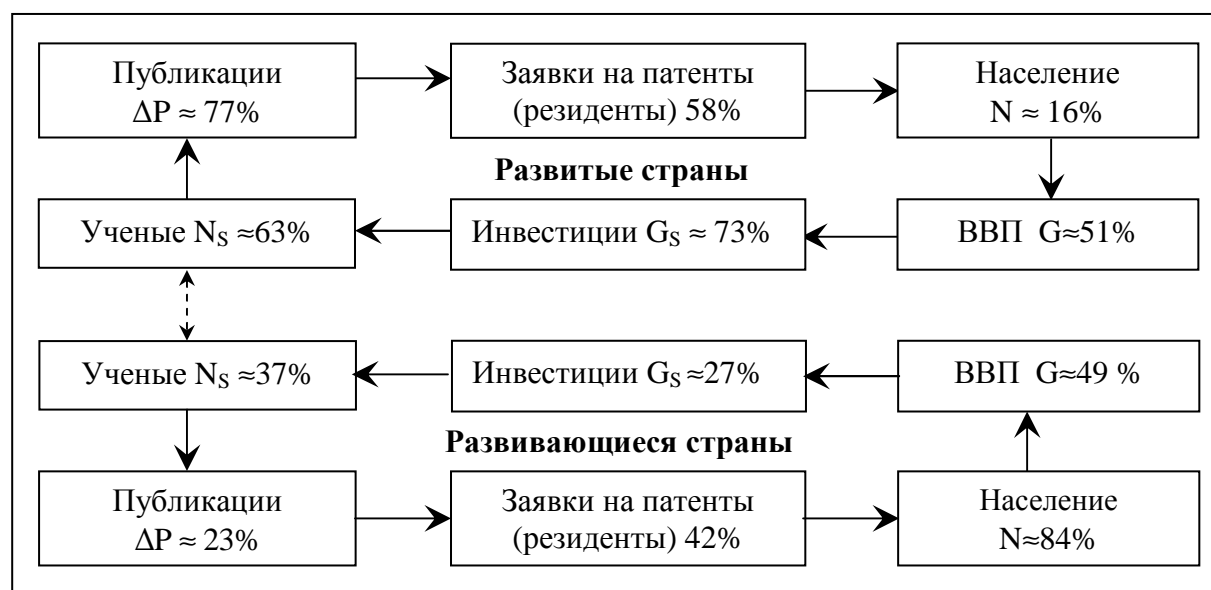


Рис. 8.3. Система создания знания в современном мире (2011 год)

Видно, что при примерно равном объеме ВВП этих двух групп в развитых странах значительно больше число ученых и объем инвестиций в R&D и соответственно больше доля публикаций и заявок на патенты.

Если рассмотреть систему входа-выхода научной деятельности в стране, то ее упрощенно можно представить так, как показано на рис. 8.4.

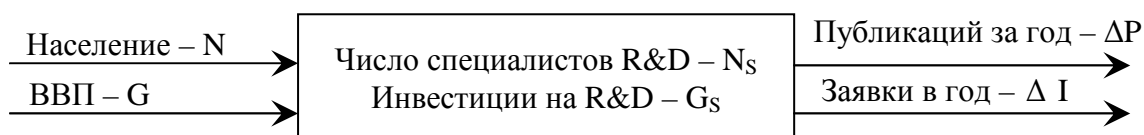


Рис. 8.4. Схема входа-выхода «научной деятельности»

²⁸⁵ SCImago Journal&Country Rank? 2014.

²⁸⁶ Якшинок Г. П. Публикации международного уровня: критерий оценки и рекомендации по подготовке. 2012.

²⁸⁷ Gaze, L., Breen, J. The Research & innovation performance of the G20. Thomson Reuters, 2014. <http://sciencewatch.com/grr/the-g20-nations>

Нередко в рейтингах научной активности все эти шесть параметров суммируются с некоторыми весами. Однако эффективность результатов научной деятельности зависит от того, насколько хорошо происходит преобразование входных ресурсов во внутренние, а внутренних в выходящие (результаты). Поэтому суммирование, по сути, не позволяет отличить эффективность научной деятельности от наличия хороших входных условий, которые могут базироваться на успешной рыночной деятельности, или наличия богатых природных ресурсов.

Используя в качестве показателя уровня входов, выходов и внутренних процессов среднее арифметическое соответствующих показателей, можно получить более компактную характеристику систем создания знания развитых и развивающихся стран, которое показано на рис. 8.5. Видно, что эффективность преобразования входных ресурсов во внутренние факторы для развитых стран эффективнее примерно в четыре раза. Это связано с тем, что ВВП на душу населения в развивающихся странах меньше, чем в развитых, более чем в пять раз. Соответственно значительно сложнее выделить инвестиции на научную деятельность. Эффективность же преобразования научных ресурсов в выходные результаты у развитых и развивающихся стран примерно одинакова.

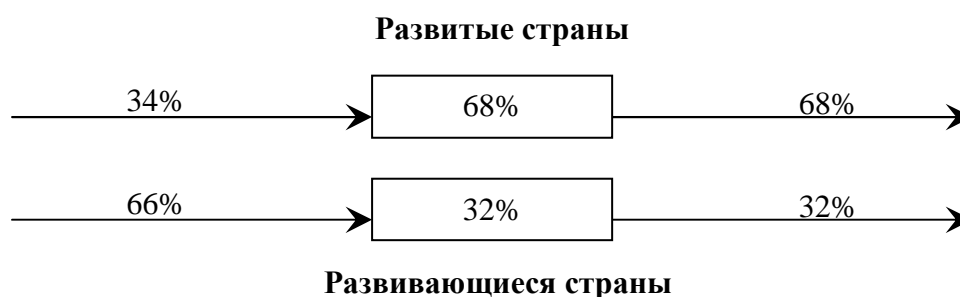


Рис. 8.5. Входы и выходы системы создания знания различных групп стран

Следует также отметить, что результативность НИОКР слабо взаимосвязана с численностью населения этих двух групп стран (см. рис. 8.3) и значительно лучше соответствует выделяемым инвестициям на научную деятельность и числу ученых. Может показаться, что это противоречит полученному выше выводу о взаимосвязи объема знаний с числом людей. Однако тот вывод был получен применительно к человечеству как целостной системе, внутри которой всегда есть более и менее развитые страны и между ними происходит взаимодействие, позволяющее одним группам стран более активно заниматься созданием знания, используя ресурсы других стран, т.е. человечество не является аддитивной системой.

К тому же сейчас человечество как система в результате демографического перехода существенно преобразуется. Отметим также, что лидирующие страны постоянно меняются и на смену одним приходят другие.

8.3. Расходы на НИОКР

Поскольку одним из наиболее сильно влияющих на научную активность факторов являются инвестиции в R&D (GERD – gross domestic expenditure on R&D), важно понимать их динамику. На рис. 8.6 представлен график роста этих инвестиций в зависимости от времени (с 1980 по 2011 год) для США, Европейского сообщества и Китая, т.е. для лидеров научного развития²⁸⁸ в млрд долл. 2005 года по ППС (в суммарные расходы лидеров включены также инвестиции в R&D Японии и Южной Кореи).

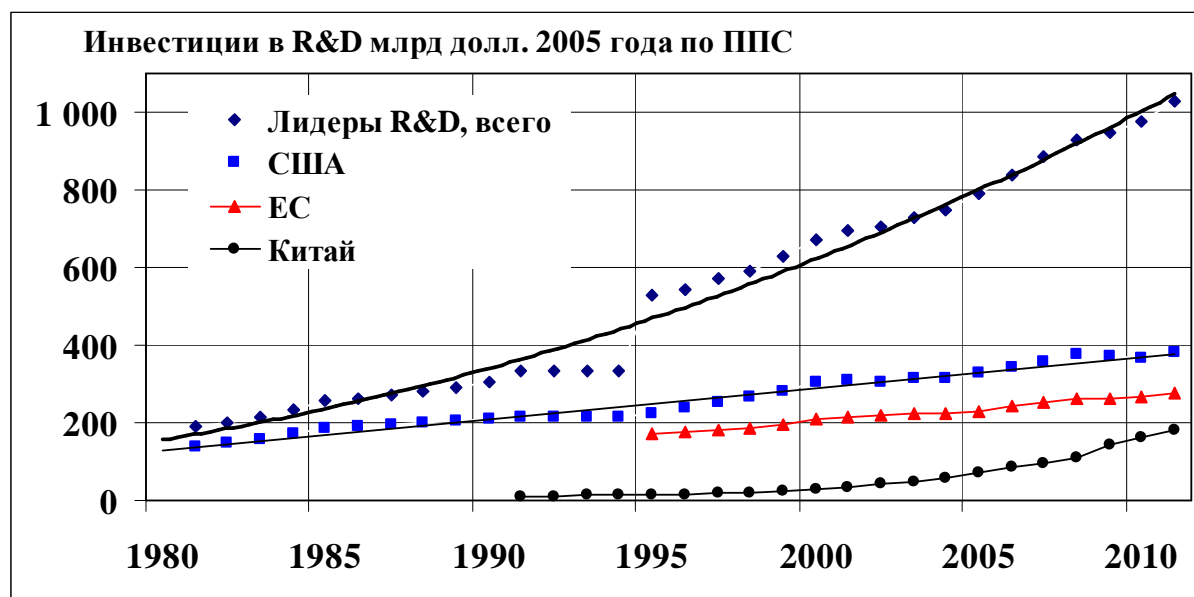


Рис. 8.6. Рост инвестиций в R&D в мире

Видно, что расходы на R&D в США увеличились примерно вдвое за 18 лет с 1981 по 1999 год, т.е. росли с темпом 4% в год, что несколько выше, чем темп роста ВВП в этот период²⁸⁹ (3,5%). С 2000 по 2010 год темп их роста составил около 2% в год, что также выше, чем темп роста ВВП США за этот период (1,5%). Для ЕС темп роста расходов на R&D примерно в полтора раза превышал темп роста ВВП.

Темп роста расходов на R&D в Китае значительно выше и составляет около 20% в год на протяжении последних 20 лет, что вдвое выше темпа роста ВВП (9,4% в год). Таким образом, основные лидирующие в области R&D страны и сообщества увеличивали инвестиции в R&D со скоростью, превышающей скорость роста ВВП.

Модель преобразования характеристик, связанных с научной деятельностью стран «двадцатки», можно представить в виде табл. 8.4. Здесь жирным шрифтом выделены основные характеристики, а обычным – коэффициенты преобразования, которые получены делением выходного параметра на входной (см. рис. 8.4).

²⁸⁸ Science and Engineering Indicators, 2014, National Science Foundation, Arlington, VA (NSB 14-01). <http://www.nsf.gov/statistics/seind14/index.cfm/chapter-4/c4s2.htm#s2>

²⁸⁹ Экономические показатели стран мира. – Сайт Ereport.ru, 2015. <http://www.ereport.ru/stat.php?razdel=country>

Таблица 8.4. Преобразование характеристик научной деятельности «двадцатки»

	N,%	G/N	G,%	Gs/G, %	Gs, %	$\Delta P/G_s$	$\Delta P/G$	$\Delta P, \%$	G/ ΔP	G,%
G4	8	3,9	31	2,68	0,83	47	1,3	39	0,8	31
B4	40	0,7	27	1,37	0,37	68	0,9	25	1,1	27
C6	4	2,8	10	1,70	0,17	106	1,8	18	0,6	10
D6	8	1,1	9	1,44	0,13	77	1,1	10	0,9	9
GD20	60	1,3	77	1,95	1,50	61	1,2	91	0,8	77

На рис 8.7 отношение Gs/G представлено в виде зависимости от ВВП на душу населения в данной группе (в единицах среднего ВВП на душу населения в мире; по данным Всемирного банка²⁹⁰ по ППС за 2012 год). Можно заметить, что доля ВВП, выделяемая на научную деятельность Gs/G в данной группе стран (коэффициент преобразования ВВП в средства на научную деятельность), достаточно монотонно зависит от ВВП на душу населения. При этом чем ниже ВВП на душу населения, тем меньше Gs/G, поскольку при низком уровне жизни населения трудно выделять средства на науку.

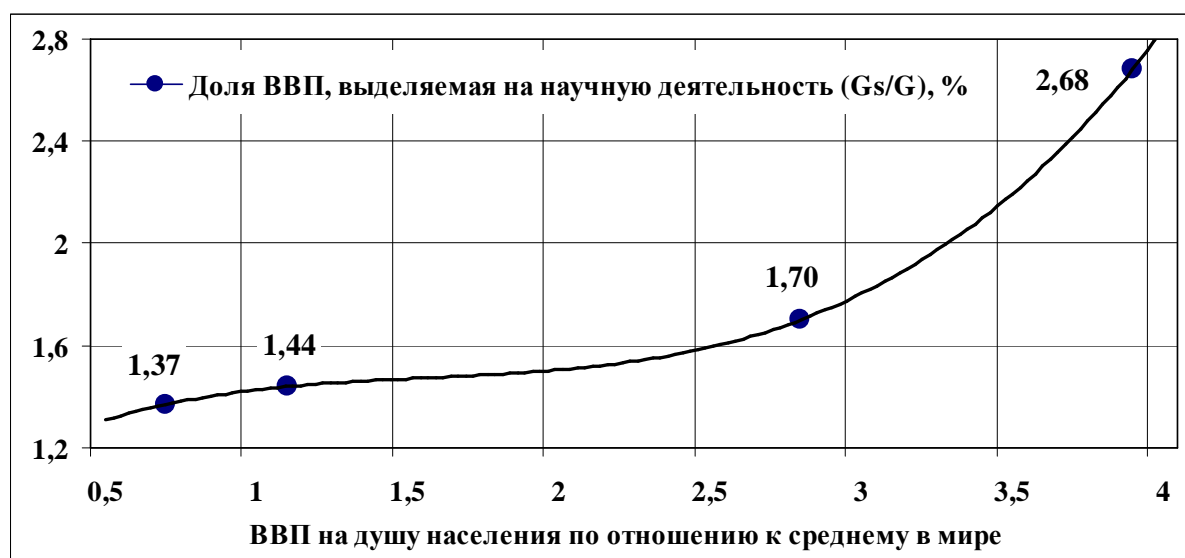


Рис. 8.7. Зависимость доли ВВП, выделяемой на R&D, от ВВП на душу населения

Данная зависимость дает основание для более детального рассмотрения поведения доли ВВП, выделяемой на R&D, в различных странах мира. Соответствующий график, отражающий долю расходов на R&D²⁹¹ в 55 странах мира, значимых в научной сфере, представлен на рис. 8.8 по состоянию на 2012 год. Для того чтобы показать взаимосвязь этих двух показателей для конкретных стран, они отложены по оси ординат, причем ВВП на душу населения нормирован на 20 000 междунар. долл. 2012 года по ППС.

²⁹⁰ World Bank, Indicators, Research and development expenditure (% of GDP), 2013.

<http://data.worldbank.org/indicator/gb.xpd.rsdv.gd.zs>

²⁹¹ Там же.

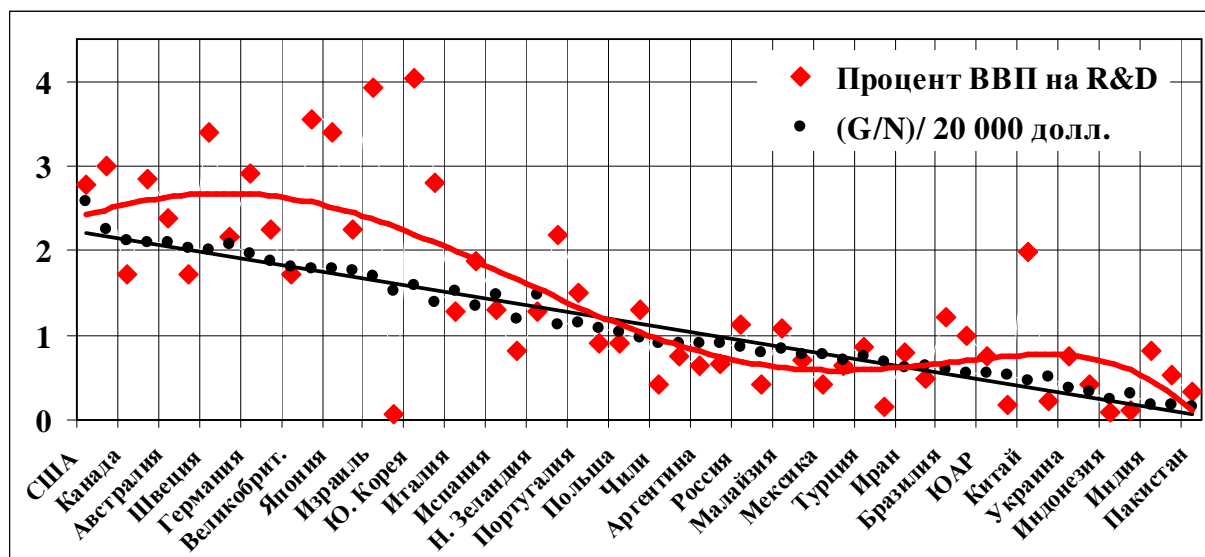


Рис. 8.8. Взаимосвязь доли ВВП, выделяемой на R&D (в %), и ВВП на душу населения

Несмотря на существенный разброс данных по сравнению с кривой тренда, можно отметить ряд существенных факторов. Видно, что явным лидером по величине превышения уровня тренда является Китай, который выделяет на R&D примерно в 2,5 раза больше средств, 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 недостаточно активно. 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 долл. 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 желанием создать ядерное оружие. Лидером по минимизации вложения средств в науку является четвертая по численности населения в мире страна – Индонезия, часто включаемая в «двадцатку» лидеров мира (количество ученых в этой стране уменьшается).

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

Зона от 15 000 до 25 000 долл. 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. Впрочем, и получают меньше, чем могли бы (G/N ниже прямой линии, см. рис. 8.8). Относительными лидерами в этой зоне являются Россия, Малайзия, Португалия, Эстония.

Зона от 25 000 до 36 000 долл. на душу населения – это относительно узкая зона, в которой значительная доля стран резко увеличивают инвестиции в R&D до **3,5%** и даже выше, видимо, чтобы занять лидирующее положение в мире. К этой зоне относятся такие страны, как Южная Корея, Израиль, Япония, Финляндия.

Свыше 36 000 долл. 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.

Несложно заметить, что закономерности, обнаруженные на рис. 8.8, находят свое отражение и на рис. 8.7, хотя и в смягченном виде, из-за того, что в группы, выделенные в рамках «двадцатки», входят страны с различным уровнем G/N.

8.4. Публикационная активность стран мира

В качестве источника данных о публикационной активности в настоящее время широко используется портал SCImago Journal & Country Rank (SJR)²⁹², представляющий в свободном доступе в удобной форме рейтинги журналов и стран на основе анализа научных публикаций в Интернете с использованием информации, содержащейся в базе данных Scopus (Elsevier B.V.), и с применением известного алгоритма Google PageRank™. Отметим, что зависимость числа публикаций, зарегистрированных в системе SCImago Journal & Country Rank (SJR), в мире от времени имеет S-образную форму (рис. 8.9). Объем публикаций в мире, согласно Scopus, также имеет аналогичную S-образную форму (см. рис. 1.11), однако он происходит на значительно большем временном интервале. Не исключено, что в случае SCImago это связано с переходом к электронной форме публикаций.



Рис. 8.9. Число публикаций в мире, зарегистрированных в системе SCImago

Графики доли публикаций (в %) в различных группах стран, согласно SCImago, представленные на рис. 8.10, показывают, что доля стран большой четверки G4 в суммарном годовом объеме публикаций (ΔP) убывает достаточно монотонно, что позволяет аппроксимировать дальнейшее поведение публикационной активности этой группы стран.

²⁹² SCImago Journal & Country Rank (SJR), 2014. <http://www.scimagojr.com>

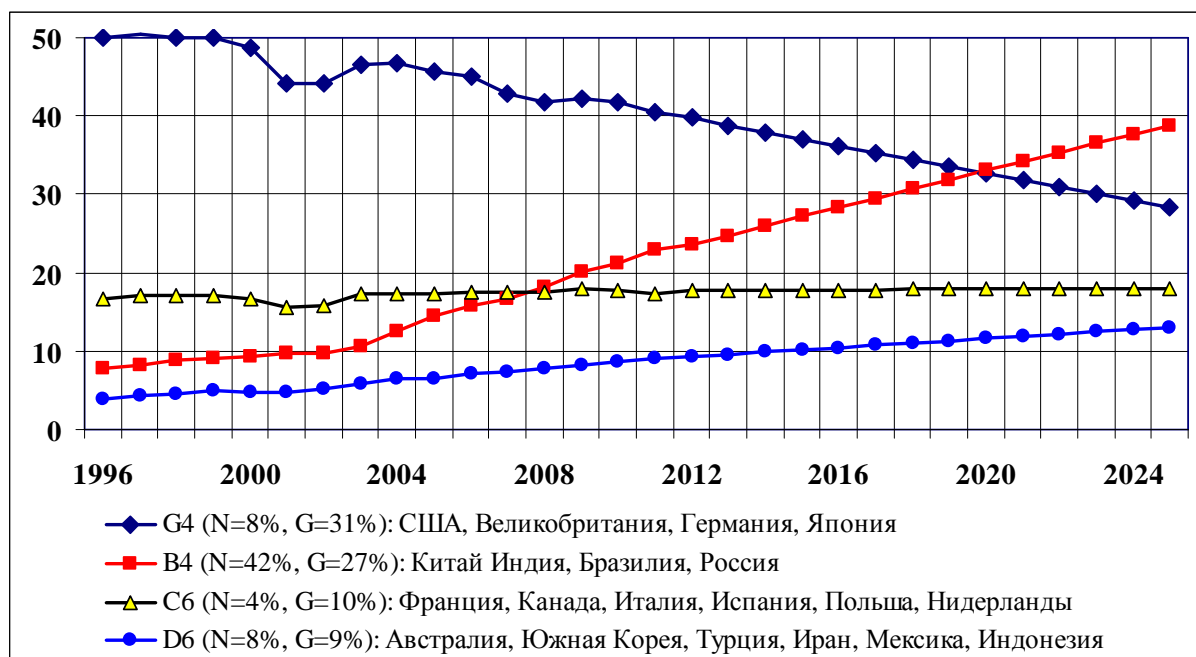


Рис. 8.10. Доля научных публикаций различных групп стран по SCImago (в %)

Вместе с тем доля публикаций стран БРИК постоянно повышается. Можно прогнозировать, что около 2020 года доля публикаций этих стран превысит долю стран G4. Это вполне естественно с учетом того, что уже сейчас ВВП (по ППС) этих стран примерно равны (по данным МВФ и Всемирного банка, ВВП стран БРИК превысил ВВП стран G4 в 2011 году, а по данным ЦРУ – пока меньше)²⁹³.

Как показано выше, количество научных работников к этому времени в рассматриваемых группах стран также сравнивается. Поскольку ВВП стран БРИК быстро растет, это дает возможность увеличивать долю отчислений на R&D, не вызывая сильных 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. Отметим также, что на рис. 8.10 участники групп указаны в порядке убывания их публикационной активности.

Страны С6, Д6 также являются взаимно дополняющими, причем доля научных публикаций группы С6 практически постоянна (см. рис. 8.10), а доля группы Д6 довольно быстро увеличивается, хотя и остается значительно меньше, чем С6 (они могут сравняться около 2045 года). Обращает на себя внимание то, что доля традиционно передовых в этой области стран в основном снижается. Стабильный уровень группы С6 связан с ростом публикаций в Испании и Польше. Суммарная доля стран С6 и Д6 в мировом объеме публикаций составляет около 28%.

А вместе научная «двадцатка» G4, B4, C6, 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%), причем доля данной «двадцатки» быстро растет. В 1996 году она составляла только **78%**, в 2011 году – **91%**, а к 2026 году, если ориентироваться на приведенные на рис. 7.10 аппроксимационные зависимости, может составить **~99%**.

²⁹³ Список стран по ВВП (ППС). – Википедия, 2014.

Столь важный результат желательно проверить по альтернативным данным. На рис. 8.11 показаны зависимости, аналогичные приведенным на рис. 8.10, но по данным Science and Engineering Indicators Национального научного фонда США (NSF)^{294, 295, 296}.

Хотя картина роста объема научных публикаций в разных группах в целом такая же, но есть и существенные различия, в частности темпы роста публикаций в странах БРИК существенно ниже и дата достижения ими уровня стран G4 отодвигается на значительно более позднее время – не на 2020, а примерно на 2028 год. Суммарная доля публикационной активности «двадцатки», по этим данным, в 2013 году несколько ниже (84%, а не 91% и не растет со временем, а сокращается).

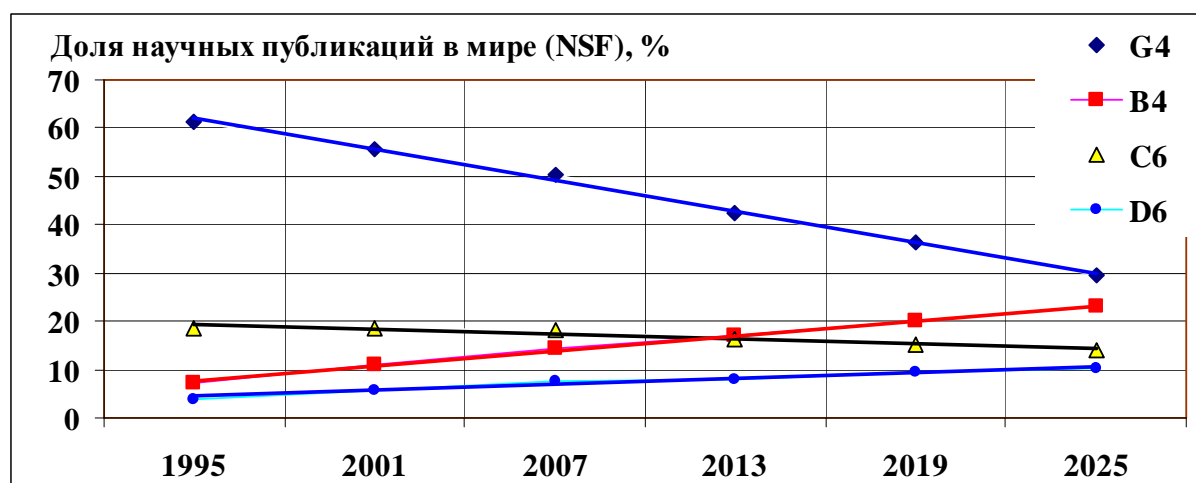


Рис. 8.11. Доля научных публикаций групп стран в мире согласно NSF

Аналогичный график (рис. 8.12) был также построен по данным Web of Science, приведенным в работе *Thomson Reuters*²⁹⁷.

Поскольку в данном обзоре не приведены данные по Испании, Польше и Нидерландам, но есть информация о публикациях в Евросоюзе в целом, вместо этих трех стран была включена треть публикаций по странам ЕС без Германии, Великобритании, Франции и Италии. В группе D4 отсутствует Иран. В качестве суммарного числа публикаций в мире приближенно использовалась сумма публикаций в приведенных в работе стран, включая все страны ЕС, а также Аргентину, Саудовскую Аравию и ЮАР. Видно, что этот график аналогичен приведенным на рис. 8.10, 8.11, но также несколько отличается от них. Здесь равенство объема публикаций стран БРИК и G4 достигается примерно в 2023 году.

В связи с тем что данные различных источников по объему публикаций различных стран заметно различаются, важно сравнить их между собой. На рис. 8.13 приведены данные по суммарному объему публикаций в мире, согласно различным указанным выше источникам.

²⁹⁴ Science and Engineering Indicators, 2014, National Center for Science and Engineering Statistics, Arlington, VA (NSB 14-01), 2014 <http://www.nsf.gov/statistics/seind14/index.cfm/chapter-4/c4s2.htm#s2>

²⁹⁵ 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-rvetsya-vpered-rossiya-sdaet-pozicii.html

²⁹⁶ Рейтинг стран мира по уровню научно-исследовательской активности. – Science and Engineering Indicators 2014. Центр гуманит. технол. <http://gtmarket.ru/ratings/scientific-and-technical-activity/info>, 2014.

²⁹⁷ Gaze, L., Breen, J. The Research & innovation performance of the G20, *Thomson Reuters*, 2014.

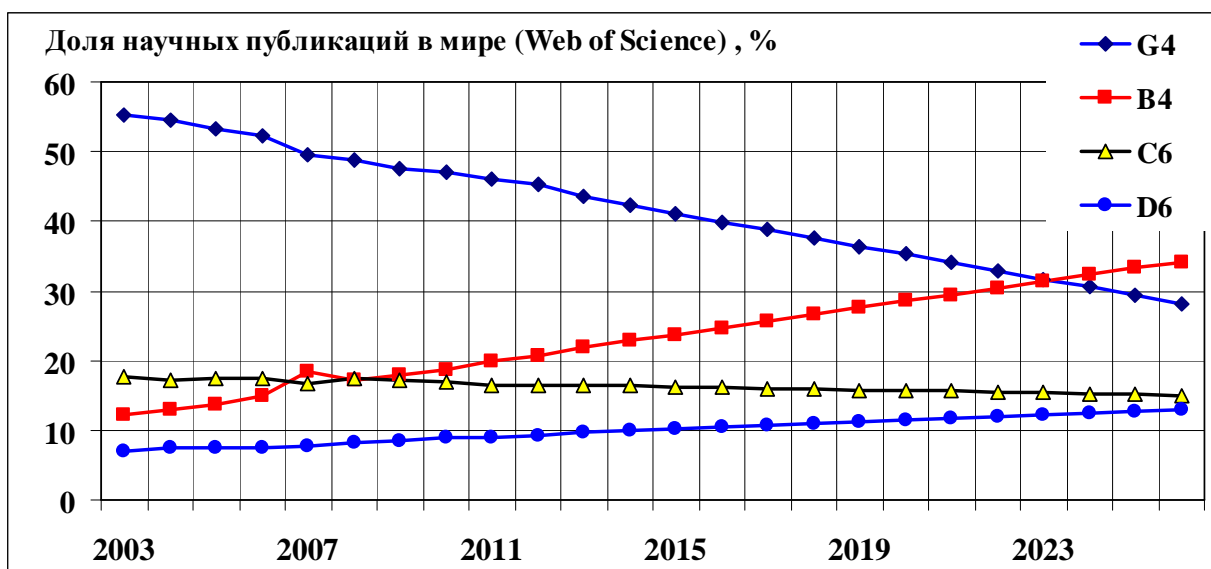


Рис. 8.12. Доля научных публикаций групп стран в мире согласно Web of Science

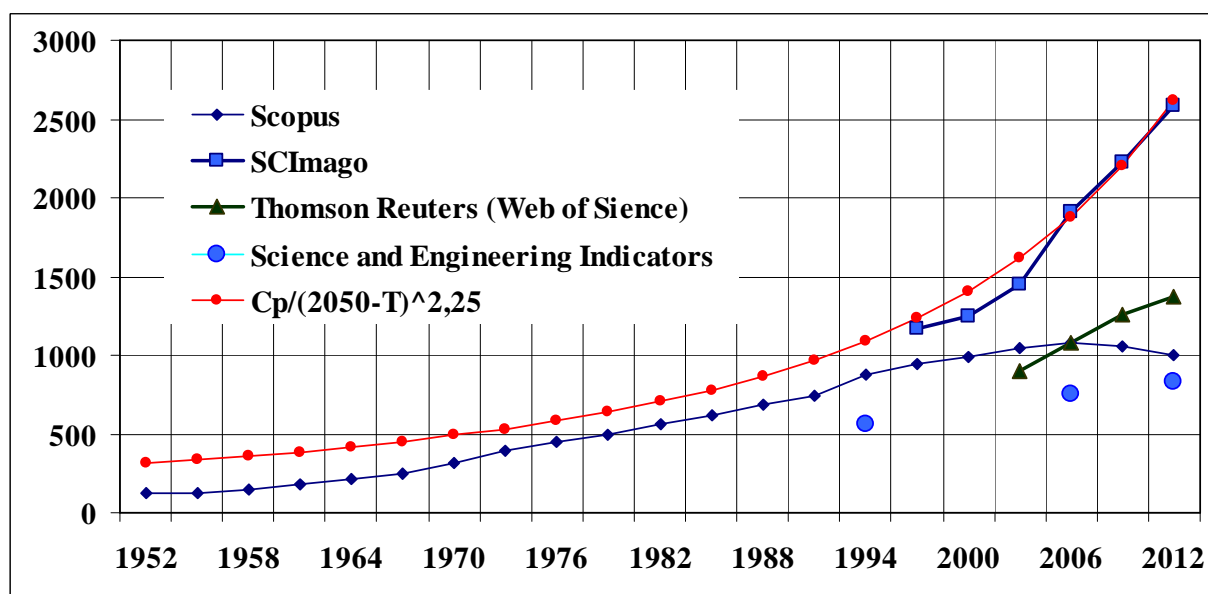


Рис 8.13. Объем публикаций в мире согласно различным источникам (тыс.)

Там же приведена кривая, соответствующая зависимости (5.4), дифференцируя которую мы получим, что ежегодный объем публикаций в мире (в у.к.) выражается формулой

$$\Delta P = 2,81 \cdot 10^9 / (2050 - T)^{2,25}. \quad (8.4)$$

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 (8.4) коэффициент при гиперболе необходимо взять равным $C_p = 9,4 \cdot 10^9$. Гипербола с данным коэффициентом и приведена на рис. 8.13.

Видно, что эта гипербола достаточно хорошо согласуется с объемом публикаций SCImago. Данные Scopus соответствуют 1/3 потока знаний в мире, поэтому она лежит

ниже. Снижение объема публикаций в базе Scopus в последние годы может быть связано как с демографическим переходом, так и с переходом к интернет-публикациям, что видно из сравнения с SCImgo. Данные же *Thomson Reuters* и *Science and Engineering Indicators* отличаются более высоким уровнем отбора публикаций, а также более высокими барьерами для публикаций неанглоязычных авторов.

Следует отметить, что гипербола (5.4) и соответственно формула (8.4) имеют ограничение по зоне применимости и нельзя эту зависимость пролонгировать далеко в будущее. Далее следует использовать формулу типа (5.5), а объем публикаций будет выходить на «полку», что заметно на рис. 8.9, но сложно проследить на рис. 8.13.

Результаты анализа коэффициентов преобразования ВВП²⁹⁸ (G) и средств, выделяемых на R&D (G_s), в различных группах стран в публикации (здесь ΔP выражено в долях мирового объема публикаций, G в долях от мирового ВВП, а G_s в долях ВВП данной группы стран) представлены на рис. 8.14 в соответствии с данными табл. 8.4.

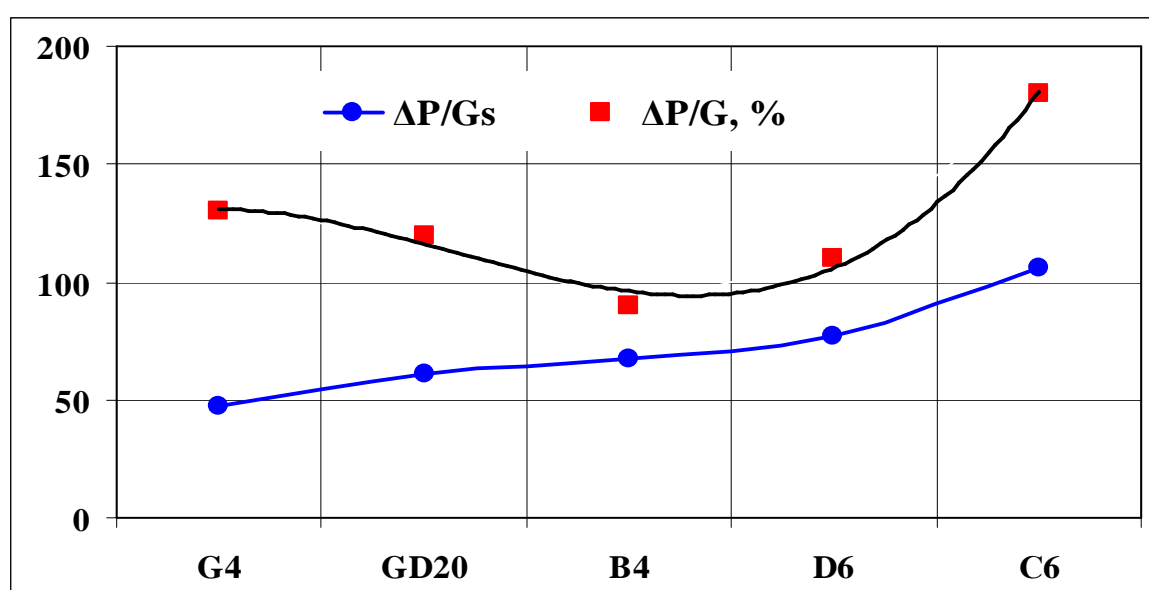


Рис. 8.14. Преобразование ВВП и средств на R&D в публикационную активность

Видно, что наиболее эффективно преобразуют инвестиции в R&D в публикационную активность страны группы С6. Наименее эффективно это делают страны группы G4, но это происходит за счет относительно высоких затрат на науку, и в результате ВВП преобразуется в публикационную активность достаточно эффективно.

Наименее эффективно преобразуют ВВП в публикационную активность (малое отношение $\Delta P/G$) страны БРИК, которые вынуждены выделять мало средств на научную деятельность. Но эффективность преобразования средств, выделяемых на научную деятельность, у них на среднем уровне и выше, чем в G4.

Связь между годовым объемом публикаций (среднее за 1996–2013 годы по SCImago²⁹⁹) и ВВП (по ППС) стран за 2013 год, по данным МВФ, показана на рис. 8.15 в логарифмическом масштабе, причем ВВП отнесено к 50 млрд долл. для представления двух графиков в одном масштабе. Для отражения характеристик крупных стран ти-

²⁹⁸ В данном разделе используются данные МВФ по ВВП (по ППС), опубликованные в Википедии, 2014. <https://ru.wikipedia.org/>

²⁹⁹ SCImago Journal & Country Rank (SJR), 2014.

па Индонезии, которые имеют относительно низкую публикуемость, в правой части графика ряд малых по величине ВВП стран не приведены, что привело к резкому снижению кривой публикуемости в этой зоне.

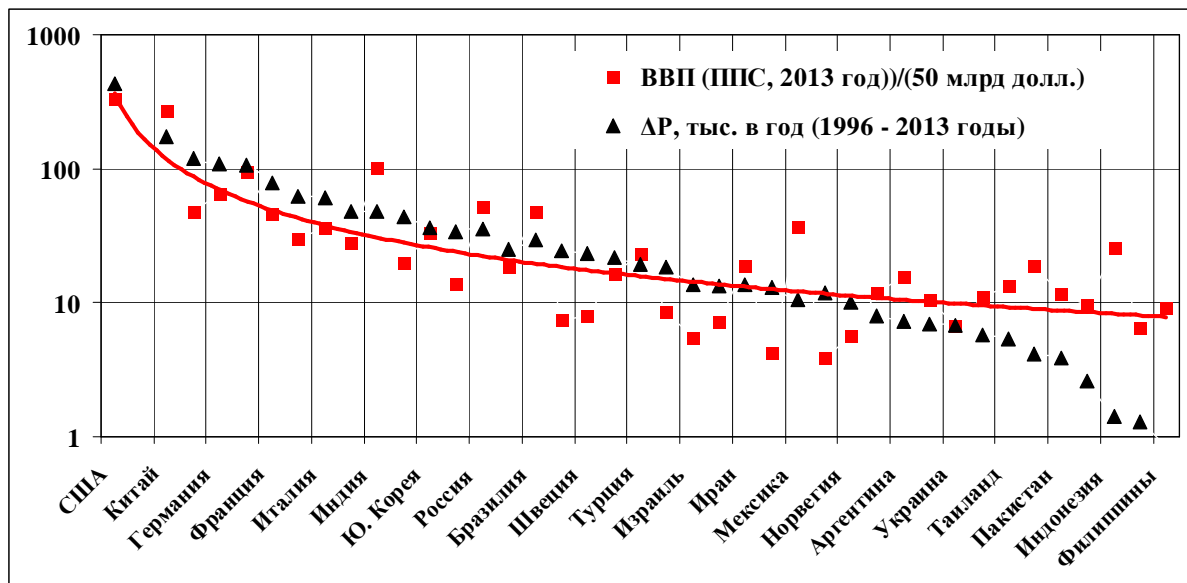


Рис. 8.15. Годовое число публикаций по SCImago и ВВП научно активных стран

Видно, что наличие ВВП порядка 50 млрд долл. соответствует объему публикаций в 1 000 статей в год. Для таких стран, как Китай, Индия, Россия, Бразилия, Иран, Мексика, Аргентина, Индонезия подобный объем публикаций достигается при примерно вдвое большем объеме ВВП, что связано, в частности, с относительно более низкими отчислениями на науку, чем в развитых странах. Наоборот, для развитых стран, в частности Германии, Великобритании, Франции, Италии, Швеции, Израиля, Норвегии, соответствующий объем публикаций достигается при меньшем ВВП.

График на рис. 8.15 дает общее представление о конверсии ВВП в производство знаний, однако логарифмический масштаб и осреднение данных по публикациям за 18 лет делают незаметными более тонкие эффекты. Более подробно коэффициент конверсии ВВП в публикации для различных стран представлен на рис. 8.16 в виде отношения ВВП различных стран к числу публикаций по SCImago³⁰⁰ (G/ΔP) в млн долл. 2013 года по ППС.

Видно, что отношение G/ΔP меняется в 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/ΔP лежит в пределах 20–40 млн долл./публ. Россия примыкает к зоне лидеров со смещением в сторону развивающихся стран, что также связано с ограниченным финансированием R&D. Для развитых стран Европы величина G/ΔP лежит в диапазоне 10–20 млн долл./публ.

³⁰⁰ SCImago Journal & Country Rank (SJR), 2014.

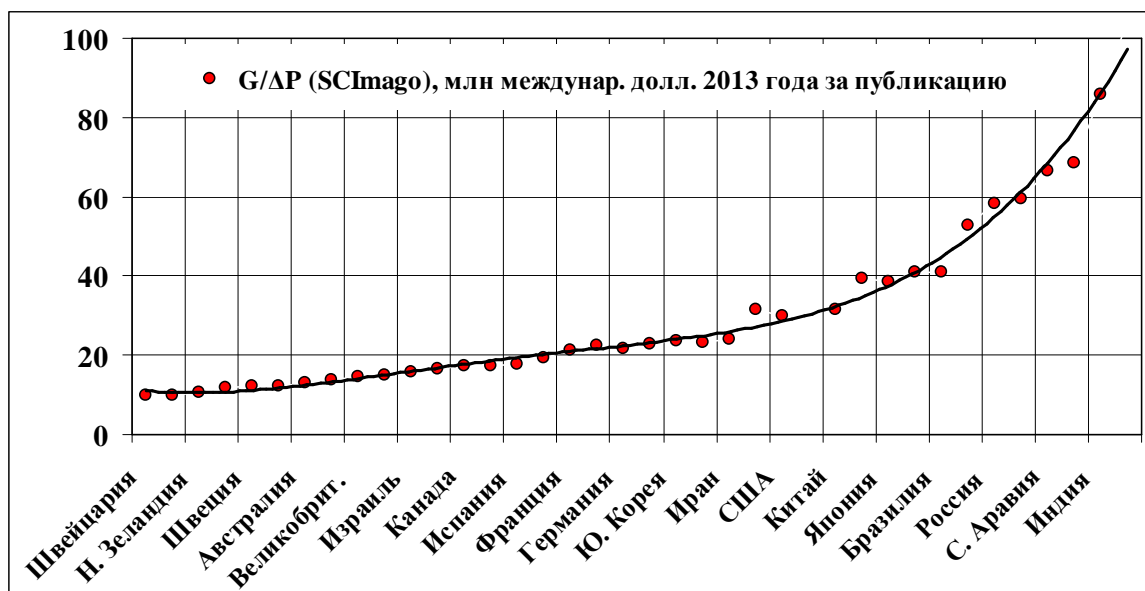


Рис. 8.16. Отношение ВВП к числу публикаций за год по SCImago, млн долл.

В качестве показателя эффективности публикационной активности более уместно использовать отношение объема инвестиций в R&D к числу публикаций по SCImago ($G_s/\Delta P$ – стоимость одной публикации в тыс. междунар. долл. 2013 года по ППС). Зависимость данного показателя от объема инвестиций страны в R&D в сотнях млн долл. представлена на рис. 8.17.

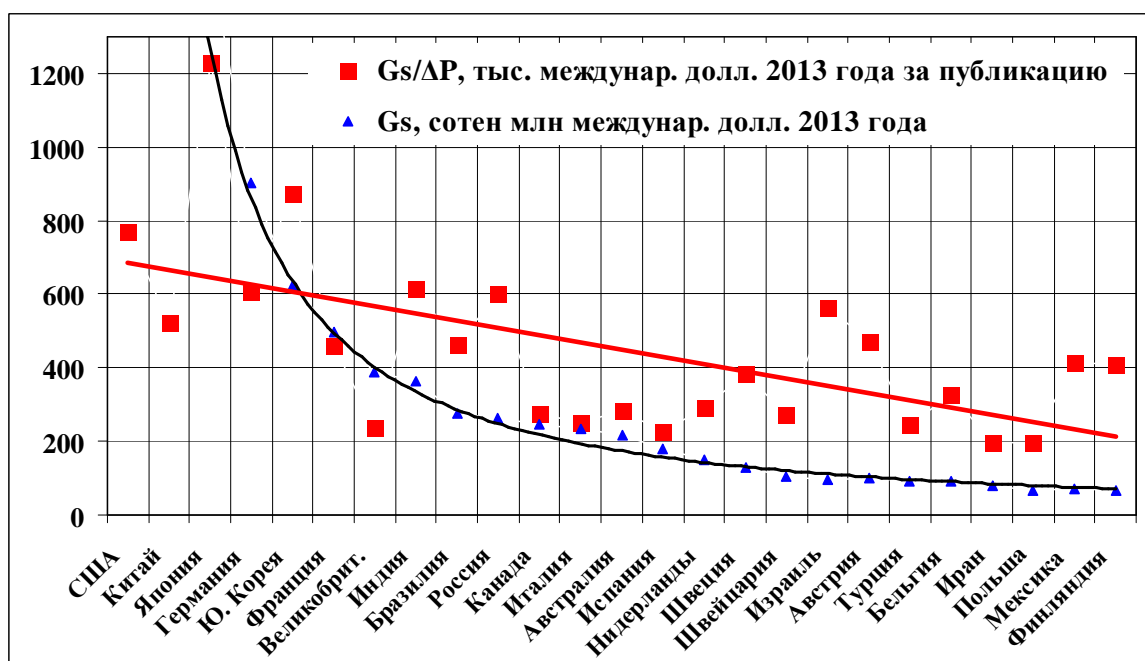


Рис. 8.17. Стоимость одной публикации по SCImago от объема инвестиций в R&D

Согласно основной тенденции, заметной на рис. 8.17, чем больше средств выделяет страна на R&D, тем дороже обходится каждая публикация. Это может быть связано с тем, что страны, делающие большие инвестиции в науку, открывают новые, более

рискованные 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) тратят большинство лидеров научного развития, т.е. страны, инвестирующие в R&D около 80% мирового объема средств. Лишь Великобритания отличается по эффективности использования средств на R&D от группы лидеров по причине, связанной с языковым фактором. В то же время такие страны, как Япония и Южная Корея тратят в полтора-два раза больше, возможно, также в связи с языковым фактором. Большинство стран Европы и ряд развивающихся стран тратят на уровне 300 000 долл. на публикацию.

Применительно к России одна публикация SCImago соответствует инвестициям в R&D в размере примерно 600 тыс. долл. (по ППС, 2012 год), а публикация, отраженная в Science and Engineering Indicators, примерно втрое 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.

8.5. 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 третьем по числу публикаций. Из рис. 8.17 также видно, что одна публикация для нее обходится почти втрое дешевле, чем для стран лидирующей группы стран. Вероятно, это связано с тем, что большинство публикаций, учитываемых в международных поисковых системах, ориентировано на английский язык.

Отраженные в Scopus публикации в доминирующем большинстве (82%) публикуются на английском языке. Доля других языков публикаций в мире³⁰¹ представлена в табл. 8.5 (здесь к английской языковой группе отнесены США, Англия, Канада, Австралия и Новая Зеландия).

Таблица 8.5. Распределение научной активности и публикаций по языкам

Язык	Доля публикаций в мире, %	Доля средств на R&D в мире, %	Доля публикаций 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 незаметно. Однако для английской группы это связано с высокой эффектив-

³⁰¹ Главачева Ю.Н. SciVerse Scopus – продукт компании Elsevier. – 2013.
http://library.kpi.kharkov.ua/Prezent/2_scopus.pdf

ностью использования средств на науку в Великобритании, Канаде, Австралии и Новой Зеландии и низкой в США.

При этом на английском языке публикуется примерно вдвое больше статей, чем в странах данной языковой группы. В то же время 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 (отношение доли публикаций на языке группы к ее доле публикаций на всех языках) 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. Но это, видимо, означает, 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.

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

Основные результаты главы 8

Общеизвестная экспоненциальная модель роста числа ученых в мире, которая может быть приближенно выражена формулой

$$N_s = 10^{T/50 - 33},$$

принципиально неверна ранее 1650 года, когда число ученых становится менее одного.

Гиперболическая модель роста числа специалистов в области R&D, базирующаяся на модели роста объема знания, имеет вид

$$N_s = 16 \cdot 10^9 / (2050 - T)^2.$$

Существующая система создания знания в мире состоит из двух значительно различающихся частей, базирующихся на развитых и развивающихся странах.

Лидирующими по публикационной активности группами стран (65% мирового объема) являются «большая четверка» (США, Великобритания, Германия и Япония) и страны БРИК, причем доля публикаций стран G4 падает, а B4 – растет. Прогнозируется их паритет около 2021 года.

Ежегодный объем публикаций в мире (в у.к.) в настоящее время выражается формулой $\Delta P = 2,8 \cdot 10^9 / (2050 - T)^{2,25}$.

Для лидирующей научной «десятки» инвестиции в R&D в расчете на одну публикацию (по SCImago) составляют около 600 тыс. долл. (по ППС, 2012 год). Япония и Южная Корея тратят в 1,5–2 раза больше. Большинство стран Европы (кроме Германии и Франции) тратят порядка 300 000 долл. на публикацию.

Инвестиции в R&D в расчете на одну публикацию (по SCImago) в России соответствуют уровню лидирующей «десятки», но потенциально могли бы быть меньше примерно в полтора раза.

Показатель публикационной активности существенно зависит от языкового барьера, в частности от знания английского языка, на котором публикуется 82% мирового объема знаний, зафиксированного в реферативных базах типа Scopus.