

Открытость и взаимодействие ведущих стран в науке и технике*

Каролина С. ВАГНЕР
(Caroline S. WAGNER)

Колледж общественных дел Джона Гленна,
Университет шт. Огайо, г. Колумбус,
шт. Огайо, США

Трэвис ВЕТСЕЛЛ
(Travis WHETSELL)

Школа международных и общественных
дел Стивена Дж. Грина, Международный
университет шт. Флорида, г. Майами,
шт. Флорида, США

Йерун БАС
(Jeroen BAAS)

Компания Elsevier B. V., г. Амстердам,
Нидерланды

Коэн ЙОНКЕРС
(Koen JONKERS)

Отдел роста, финансов и инноваций
знания, Объединенный научный центр,
г. Брюссель, Бельгия

За последние три десятилетия быстрый рост международного сотрудничества, проявляющегося в соавторстве научных статей, ставит вопрос, помогает ли кооперация в науке странам, и если да, то как ее можно измерить. В статье разрабатываются и сравниваются величины для поиска ответа на поставленный вопрос. Для всех источников публикаций 2013 г. от компании Elsevier были получены абсолютные и относительные показатели общего числа статей на уровне отдельно взятой страны, а также соответствующие показатели частоты цитирования, измеренные по областям. После этого в Elsevier была собрана по каждой стране информация о доле всех написанных в международном соавторстве статей, а также показатели международной мобильности научных трудовых ресурсов в 2013 г. от Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), и проведен анализ главных компонент, результатом которого стало появление индекса открытости. От ОЭСР были внесены данные о бюджетных ассигнованиях, выделенных правительствами стран на научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки (НИОКР) в 2011 г., чтобы привязать их к данным о государственных расходах на получение результатов в 2013 г. Оказалось, что открытость в системах развития науки сильно коррелирует с взаимодействием, т. е. чем больше страна вовлечена в международное соавторство и мобильность ученых, тем выше влияние научной работы. Результаты представляют интерес для рассмотрения вопросов, связанных с разработкой политики в отношении инвестирования, а также выявления потоков численности студентов, исследователей и технического персонала.

ВВЕДЕНИЕ

Более 50 лет организации измеряют науку и технику на национальном уровне, чтобы оценить и сравнить ее интенсивность [1]. Национальный научный фонд США в 1950-х гг. и международная Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) в 1960-х гг.

начали собирать данные по науке и технике, руководствуясь документом Фраскати [2,3], чтобы создать показатели активности. Позже Организация Объединенных наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) публиковала каждые десять лет отчеты о состоянии науки в мире [4], сообщая данные скорее для стран, чем для ОЭСР, и в целом применяя подобные правила для сбора данных и составления отчетов. Эти показатели и поддержка статистики были разработаны для использования странами в целях учета государственных расходов и информирования о будущем инвестировании. Финнемор [5] отмечает, что международные организации, такие как ОЭСР и ЮНЕСКО, при-

* Перевод Wagner C. S., Whetsell T., Baas J., Jonkers K. Openness and impact of leading scientific countries // Frontiers in research metrics and analytics. — 2018. — Vol. 3 (March), article 10. — P. 1–10 — <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frma.2018.00010/full>

званы обслуживать государства, а не изучать международные интересы.

Спустя десятилетия после появления подобной статистики и показателей, научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки (НИОКР) все больше осуществляются, минуя национальные границы, демонстрируя быстро растущее число статей, написанных в международном соавторстве [6, 7]. В отсутствие измерения международного соавторства может затрагивать до 60% статей в отдельных небольших странах. При нормализации на основе относительных показателей (в которых каждой стране приписывается соответствующая доля соавторских статей) эти процентные доли падают в среднем на 25% статей из стран – членов ОЭСР. Ни одно официальное измерение статистики не учитывает международное сотрудничество, не существует экономических показателей его вклада в рост экономики страны, поэтому любая оценка затрат будет в высшей степени неоднозначной.

Тем самым сохраняется пробел в научной сфере и в политике, поскольку нельзя провести точный учет растущего вклада кооперативных, групповых и/или относящихся к «большой науке» проектов. Общее число государственных фондов, охватывающих международное сотрудничество, практически неизвестно. Подсчеты бюджетов в науке делаются на основе входящих данных [1]; большая часть национальных бюджетов избегает статей расходов по международным инвестициям в науку и технику. (Европейский Союз является исключением, так как данная организация может учитывать в основном внутриевропейские инвестиции.) Правительствами некоторых стран (преимущественно США) международные инвестиции рассматриваются как распределительные фонды, необходимые для строительства национального достояния.

Данная статья пытается устранить этот пробел в оценке, предлагая меру влияния международного сотрудничества в науке с использованием относительных, измеренных по областям ссылок и их анализа, касающегося совместных международных публикаций и мобильности исследователей. Мы придерживаемся рекомендации Моеда и Халеви [8], предложившей, что при сложном подсчете должен использоваться разнонаправленный подход. Соответственно сочетали наборы данных [8, с. 1994], используя указатели библиографических ссылок и национальную статистику ОЭСР, с тем чтобы представить меру полезности международного сотрудничества. Мы добавили подход Тейлора [9] к такому измерению (он сфокусировался на более широких экономических связях), но ограничиваемся научными связями, финансируемыми государством, которые либо сформированы международным сотрудничеством, либо международной мобильностью. В статье помимо представления того, как взаимосвязанность соотносится с научным влиянием, применяется новый способ внедрения относительных показателей частоты цитирования, измеренной по областям, в целях присвоить влияние международного кооперативного исследования различным странам-партнерам в качестве средства оценки.

Эта статья является переосмыслением отклика, опубликованного Вагнер и Йонкерсом [10] в журнале *Nature* в 2017 г. Предпринимается попытка приблизиться к оригинальному анализу посредством включения двух дополнительных европейских стран (Эстонии и Слове-

нии). Более того, признается способ агрегации публикационных данных, объясняемый далее в разделе «Библиометрические данные». А также, полагаясь на работу Кимини и др. [11], было решено заменить измерение финансирования (ПБАНИОКР*) показателем финансирования интенсивности (ПБАНИОКР относительно ВВП).

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Написанные в международном соавторстве статьи насчитывают почти 25 % статей в БД Scopus, столько же – в БД Web of Science [7]. Авторы данной работы показывают, что статьи международного соавторства являются более высокоцитируемыми [12-15], важность этих статей получает больше внимания со стороны научного сообщества. Данное повышенное внимание кажется включенным во все научные области [7]. Ссылки считаются мерой, но не качества, а влияния. Для логичного применения влияние должно быть нормализованным внутри областей, как будет сделано далее в данной статье [16].

Авторы работы [17] изучали взаимосвязь между мобильностью, сотрудничеством и влиянием, показывающую, что циркуляция мозгов является «сложным и разнонаправленным феноменом...», но таким, который вносит вклад в международное соавторство. Аналогично, Сугимото с соавторами [18] и Францони и др. [19-21] подтверждают, что исследователи, переезжающие из одной страны в другую, демонстрируют заметный рост ссылок на свои работы. Иммиграция и обратный поток ученых положительно сказываются на научном развитии конкретной страны [22-27]. Аргумент в пользу того, что потоки уезжающих ученых могут позитивно ассоциироваться с более влиятельным научным производством, представляется менее очевидным (в контексте дебатов об «утечке мозгов» и «притоке мозгов»), но также считается положительной чертой [28, 17].

Некоторые источники предполагают, что эмиграция высоко образованных интеллектуалов (включая ученых) может оказаться полезной для экономического развития страны [29, 30]. Помимо эмигрантов, усиливающих связи и возможных положительных влияний вернувшихся назад, позитивные впечатления также могут стать мотивом для желания уехать, и, кроме того, успешные эмигранты могут своим примером в какой-то степени вдохновить студентов. Как утверждали авторы [31], потенциальные мигранты могут больше инвестировать в развитие своих собственных человеческих ресурсов, если эта инвестиция способствует их более вероятной и успешной эмиграции. По аналогии, ученые могут иметь больше мотивов печататься чаще и публиковать более высококачественные статьи. Они могут инвестировать в развитие своего капитала в науку и технике [32], если потребуется иметь доступ к возможной мобильности, что поможет их собственной карьере. Поскольку эмигрировавшие ученые широко сотрудничают со своей родной страной [28], они также способствуют развитию своей отечественной системы научной коммуникации из-за границы [33]. Это воздействие может усилить-

* ПБАНИОКР – правительственные бюджетные ассигнования на НИОКР.

ся в результате развития международных информационно-коммуникационных инфраструктур [34]. Наконец, по мере роста возможностей развивающейся страны эмигранты могут вернуться в свою родную систему. Это передвижение людей, а также его косвенное воздействие на науку родной страны, усложняет и подсчет там пользы от международного сотрудничества.

Методы оценки и анализа широко используются правительством, чтобы гарантировать эффективность и полезность расходов, но они усложняются международным сотрудничеством. Поток людей между странами, а также связи через географические расстояния бросают вызов традиционным методам оценки, поскольку трудно (если вообще возможно) сказать, где выполняется работа или какова присваиваемая степень доверия. Как отмечают Моед и Халеви [8], растут противоречия в оценке и анализе НИОКР, поскольку государственные бюджеты становятся все более напряженными. Однако там, где рассматривается международная работа, отмечается недостаточный прогресс. Географическое распределение исследователей и научно-исследовательского сотрудничества усложняет работу по подсчету эффективности индивидуумов, организаций или стран.

С начала 1960-х гг. экономисты пытаются анализировать связь между инвестициями в науку и технику и ее ростом [35–39]. Тейлор [9] недавно утверждал, что различия стран в соперничестве между наукой и технологиями нельзя объяснить только институциональными различиями, как предлагалось в докладе по вопросу национальных инновационных систем. Автор сказал, что сочетание качества и интенсивности отечественных и международных связей (сетей) объясняет большую степень различия между странами. Его слова в какой-то степени согласуются с нашим наблюдением, а проведенное нами исследование отражает подобные преимущества.

Для создания меры, оценивающей преимущества международного сотрудничества, Вагнер и Йонкерс [10] ввели индекс открытости, сочетающий показатели совместного научного опубликования и мобильности. Их статья объясняет индекс открытости и предоставляет больше деталей и документации по данному анализу, чтобы применить рекомендацию Моеда и Халеви [8] по изучению исследовательских данных или их качества наравне с эволюцией числа активных исследователей в стране и в сочетании с национальной статистикой. Три показателя применяются относительно задачи определения соотношения государственных расходов и влияния в целях проверки того, получают ли страны выгоду от международного сотрудничества: (1) степень международного научного сотрудничества по странам; (2) темпы мобильности ученого; (3) научное влияние науки внутри страны, измеренное в показателях частоты цитирования по областям.

Признаем сложность основанного на библиометрических показателях измерения по определению выгоды от участия страны в международном обмене и сотрудничестве. Практики использования национальных бюджетов не облегчают данную задачу, поскольку большая часть расходов по совместной международной деятельности реализуется в виде целевого или основанного на грантах финансирования множества программ и проектов. Очень небольшая часть национальных бюджетов включает «международное сотрудничество в науке» в статью расходов. Эти проекты, вероятнее всего,

критикуются обществом, сталкивающимся с конкуренцией приоритетов в финансировании. «Международные» проекты могут создавать проблемы, и они чаще убираются из бюджетных статей, поскольку отсутствует их непосредственный потребитель.

Правительства инвестируют в международное сотрудничество в области НИОКР как напрямую, так и косвенно. Безусловно, некоторые известные крупные научные организации, такие как ЦЕРН (CERN), проект Международный термоядерный экспериментальный реактор (ITER), а также проект C-Band All Sky Survey (радиоастрономический проект, ориентированный на картографирование космоса), получают прямую правительственную поддержку на капитальные затраты. (Например, ЦЕРН тратит большую часть своего бюджета на строительство и поддержку в рабочем состоянии оборудования и в то же время только часть — на финансирование экспериментов.) В других случаях правительственные министерства создают фонды усиления роста национальных проектов в НИОКР (R&D), чтобы внести поддержку международного сотрудничества в бюджет; примером является Управление по вопросам международного содействия развитию науки и технике Национального научного фонда США*. Это управление поддерживает на основе грантов НИОКР или диссертационные исследования, которые также можно улучшить за счет международного сотрудничества. В остальных случаях международное сотрудничество финансируют благотворительные организации, но их участие составляет небольшую долю от общего числа.**

Исключением для этой модели является Европейская комиссия в Европейском Союзе и ее рамочные программы на уровне стран – членов ЕС, на которые она потратила около 80 млн. евро за 7 лет, сумма, вероятнее всего, значительно увеличится в следующий планируемый период. Важной частью этой рамочной программы финансирования являются проекты, касающиеся международного сотрудничества между исследователями из разных стран – членов ЕС. Программы также открыты для третьих стран, т.е. не являющихся странами – членами ЕС, так как политика Комиссии в сфере исследований и инноваций определено стремится «быть открытой миру».

Даже в случаях, когда международные научно-исследовательские проекты предполагают финансовые вложения в соответствии с четко сформулированными и тщательно составленными планами исследований, точно установить, кто за что платит, представляется сложным и редко осуществляется. Во многих странах исследователи сохраняют некоторую дискреционную (действующую по своему усмотрению) власть над ресурсами, которую они могут распространить на международную

* Например, Национальный научный фонд готовит список международных программ, представляющих интерес для финансирования. Сайт: https://www.nsf.gov/oise/europe/sample_programs.jsp (дата доступа, январь 2018).

** Союз благотворителей в сфере науки (The Science Philanthropy Alliance) провел в 2015 г. исследование и подсчитал (на основе небольшой выборки данных), что финансирование со стороны благотворителей составляет лишь 5% от основного научного финансирования в США.

деятельность. Это особенно справедливо для менее богатых ресурсами областей науки, где работа связана не с оборудованием или ресурсами, а просто с обменом идеями. Разнообразие подходов к исследованию и государственному ассигнованию бюджета осложняется попытками привязать финансирование к результатам.

ДАнные И МЕТОды

Этот проект включает данные национального уровня по 35 странам из трех разных источников*. Представленный анализ ограничивается 35 странами, так как данные сравнения мобильности и расходов правительств на НИОКР (правительственные бюджетные ассигнования на НИОКР – ПБАНИОКР, GBARD) были доступны только для этих стран. Страны в этой выборке представляют экономически развитые страны с сильной системой НИОКР. Признаем, что это ограниченная выборка. Тем не менее, отметим, что данные страны представляют около 92% всего публично финансируемого исследования. Дальнейшее исследование будет включать большее число стран по мере доступности данных.

Основным источником библиометрических данных служила библиографическая база данных компании Elsevier, базы данных публикаций и данных цитирования компании Scopus. Мы работали с Йеруном Басом, старшим научным сотрудником Отдела данных в компании Elsevier, предоставившим ряд метрик из этой базы данных, для которых потребовался доступ к полному массиву данных в целях проведения подсчетов. Другие данные были собраны из почтового сервера Outlook 2016 Отдела науки, технологий и инноваций ОЭСР и соответствующей базы данных MSTI**, а также из национальных источников.

Библиометрические данные

Библиометрические данные содержат данные публикаций из Scopus по всем статьям, заиндексированным в 2013 г., с особым подсчетом относительного числа публикаций, при котором в случае статей, написанных в международном соавторстве, каждая страна с адресом в статье получает пропорциональную долю авторства. Относительное число международных статей использовалось для подсчета в стране доли всех статей, написанных в международном соавторстве. Второй набор данных содержал для каждой страны относительное влияние ссылок, измеренное по областям науки (fractional field-weighted citation impact, здесь и далее FWCI), с возрастом ссылок - пять лет.

FWCI определяется как «соотношение полученных ссылок в сравнении с ожидаемым средним числом по конкретной предметной области, типу публикации и году издания» [40]. Например, оценка в 1,50 подразумевает, что публикация получает на 50% ссылок больше, чем среднее мировое число; оценка в 0,50 предполагает,

что публикация получает на 50% меньше ссылок, чем среднее мировое число [41, 16, 42] при подсчете значений для отдельных статей, так как данный показатель является метрикой на уровне статьи.

Значения FWCI для стран получаются путем агрегации значений на уровне статьи [43]. При полном подсчете каждая статья учитывается как одна для каждой рассматриваемой страны при суммировании публикаций, а значения FWCI будут средним числом значений FWCI на уровне статьи. Для этого исследования значения FWCI для стран собирались пропорционально, генерируя относительное значение FWCI путем присвоения веса статье со значениями FWCI в соответствии с частотой, с которой страна появляется в авторских адресах в статье.

Относительное значение (*frac*) FWCI для множества публикаций N , принадлежащих объекту y , определяется как

$$fracFWCI = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{C_i}{e_i} f_i \right)}{\sum_{i=1}^N f_i},$$

где C_i = ссылки, полученные публикацией i в течение 5 лет,

e_i = ожидаемое число ссылок, полученное публикацией i в течение 5 лет, на основе всех подобных публикаций;

f_i = соотношение авторов в публикации i принадлежащей объекту y .

Например, статья с тремя странами, внесшими одинаковое число авторов на статью, будет оцениваться как одна треть при подсчете средневзвешенного FWCI для каждой страны. Если число авторов различается для каждой страны, то значение распределяется пропорционально вкладу авторов. Например, статья с двумя авторами из страны А и одним автором из страны В получит значение двух третей для А и одной трети для В.

Первоначально были собраны данные на уровне статьи и предметных областей по стране, которые в свою очередь сравнивались со всеми значениями. Этот метод привел к перевесу в числе статей, поскольку в некоторых случаях статье присваивалась более чем одна предметная область по классификатору всех научных журналов БД Scopus. Для данного исследования мы агрегировали значения на уровне статьи и предметных областей для любого объекта только один раз, гарантируя, что статьи не подсчитываются дважды. Окончательные результаты являются похожими для обоих методов как в терминах корреляций, так и объяснительной способности выбранной модели.

Оценки мобильности и индекс открытости

ОЭСР собирает данные по каждой стране относительно движения ее исследовательского контингента (публикующихся авторов), приводя сведения о числе притоков новых ученых, вернувшихся специалистов, оттоков и доле коренных сотрудников. Elsevier представила данную методологию в 2011 г. [44], чтобы оценить различные типы моделей международной мобильности на основе изменений в принадлежности авторов за период 2007-2013 гг. Мы использовали данные за 2013 г. о доле мобильных исследователей (*mobile*), которая включает притоки новых ученых (*newinflows*), вернувшихся

* Диаграмма расселения, приведенная ниже, включает Эстонию и Словению с целью сравнения. Обе страны не были включены в работу Вагнер и Йонкерса [10].

** БД ОЭСР: Показатели основных направлений науки и техники, сайт- <http://www.oecd.org/sti/msti.htm>

назад специалистов (*returnees*) и оттоки (*outflows*). «Приток» (иммигрировавшие ученые) относится к доле тех авторов, которые начали публиковаться с указанием принадлежности, отражающей страну проведения исследования, тогда как первоначально в качестве их места работы использовалась другая страна. «Отток» (эмигрировавшие ученые) представляет долю исследователей, начинавших публиковаться под названием страны проведения исследования в качестве их места работы, поскольку под их прежним институциональным адресом публиковались материалы, отражающие другие страны. «Вернувшиеся специалисты» — это авторы, которые сначала публиковались в стране проведения исследования, после чего последовали публикации статей под другими странами, и затем авторы вновь вернулись в страну проведения исследования, отразив это в указании их места работы. Мобильность относится ко всем тем исследователям, которые не оставались в одной и той же стране в течение наблюдаемого периода. Данные ОЭСР рассматривают отток в качестве негативного сигнала, отражающего внешние потоки. Мы изменили эту систему условных обозначений, чтобы построить нашу мобильную категорию. Анализ мобильности, проведенный ОЭСР при использовании данных Scopus, основан на полной картине отражения карьеры всех авторов в БД Scopus, имеющих больше одной публикации, начиная с 1996 г. Используя данные БД Web of Science, Сугимото и др. [18] провели экспериментальную работу, анализируя, отличным, но похожим способом, мобильность отдельного ученого. Поскольку остальная часть анализа строится на данных БД Scopus, было решено использовать исследовательские оценки относительно доли этих типов мобильных ученых, опубликованные ОЭСР [3]. Данные доступны на платформе figshare.*

Индекс открытости был разработан на основе относительного подсчета с использованием данных о мобильности и доле написанных в международном соавторстве статей. Мы изучили эти данные в каждой стране, чтобы исследовать потоки ученых как фактор, характеризующий открытость. Оказалось, что показатели мобильности и вовлеченности (участия в международном сотрудничестве) ученых сильно коррелируют друг с другом. В результате мы вычислили индекс методом главных компонент с помощью четырех измерений, чтобы создать единичное измерение, названное «открытостью», отражающее степень международной вовлеченности. Метод анализа главных компонент является общим методом агрегации множественных теоретически близких переменных в одно число главных компонент [45,46]. Собственным значением для числа главных компонент является 3,3 с долей различия, подсчитанного с помощью компоненты в 0,81. Тестировались другие модели анализа главных компонент, и ни одна модель не выявила второй компоненты с собственным значением выше 1,0, поэтому число компонент было сведено к одному. Результаты числа главных компонент отражены в разделе «Результаты».

* сайт- https://figshare.com/articles/Spreadsheet_of_data_comparing_international_output/5082718 (дата доступа - февраль 2018 г.)

Правительственные расходы

Проект фокусируется на подотчетности публичных расходов, поэтому мы воспользовались данными ОЭСР по правительственным бюджетным ассигнованиям или расходам на НИОКР (ПБАНИОКР) по странам за 2011 г. Данные получены от ОЭСР* и Евростат, а в некоторых случаях (например, Китай и Сингапур) из национальных источников. ПБАНИОКР обычно составляет около 30% всех национальных расходов (валовые внутренние расходы на НИОКР). Оправданность использования ПБАНИОКР заключается в том, чтобы ограничиться анализом правительственных расходов. Правительственные расходы на НИОКР, вероятнее всего, большей частью составляют все расходы, приводящие к выпуску научных публикаций. Использование ПБАНИОКР снижает шансы на подсчет промышленных расходов на НИОКР, хотя имеется некоторое число статей, профинансированных промышленными фондами НИОКР. Для получения измерения ПБАНИОКР затем делилось на константу валового внутреннего продукта в долл. по состоянию на 2011 г. в целях нормализации правительственных расходов на НИОКР в соответствии с объемом национальной экономики [11]. Данная единица измерения, примененная в новом контроле «интенсивности финансирования», составляет долю валового внутреннего продукта (ВВП).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Используемый в этом исследовательском проекте эмпирический подход, во-первых, нацелен на представление двумерных корреляций в анализе взаимосвязей влияния, показателей открытости, финансовой поддержки НИОКР правительством и числа публикаций. Во-вторых, чтобы сэкономить анализ, использовался метод числа главных компонент, с целью объединения нескольких показателей открытости в одну составляющую переменную открытости. И наконец, применялась линейная регрессия для проверки взаимосвязей между составляющей открытости и влиянием, контролем финансирования НИОКР и числом публикаций.

Во-первых, табл. 1 отражает двумерные корреляции между всеми переменными анализа. Результаты показывают сильную корреляцию между $FracFWCI$ и составляющей открытости (*openness*), а также каждого из четырех показателей открытости; самая сильная корреляция проявляется между международной долей (*Int. Perc.*), притоками (*inflows*) и мобильностью (*mobile*). Они демонстрируют очень сильную корреляцию между ПБАНИОКР (*GBARD*) и относительной публикационной скоростью, но ПБАНИОКР не показывает сильную взаимосвязь с $FracFWCI$. Однако соотношение ПБАНИОКР/ВВП (*GBARD/GDP*) демонстрирует сильную положительную корреляцию с $FracFWCI$.

Составляющая открытости была включена в табл. 1, чтобы показать двумерные корреляции. Составляющая загрузки в табл. 2 показывает, что каждая из множества переменных составляет положительное значение около 0,5 по отношению к открытости. Эти результаты были приняты, чтобы показать, что четыре переменные под-

* http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/data/oecd-science-technology-and-r-d-statistics/government-budget-appropriations-or-outlays-for-rd_data-00194-en

ходят для объединения в одно число главных компонент; также были извлечены факторные оценки для использования наравне с другими интересующими нас переменными.

Затем мы показали взаимосвязь между открытостью и влиянием на диаграмме рассеивания, чтобы отследить соответствующие положения стран. Рисунок отражает три позиции данных: (1) ось *x* показывает индекс открытости страны на основе международной и мобильности; (2) ось *y* демонстрирует влияние работы страны с помощью изображения относительного значения FWCI публикаций страны; (3) размеры кругов пропорциональны результатам (числу публикаций, отражающих относительный подсчет). Правый верхний квадрант содержит страны, которые являются как открытыми, так и имеющими высокое относительное FWCI.

Стоит отметить Швейцарию, будучи малой по своей географии и результату, она занимает высокое место по открытости и влиянию. Сингапур также имеет высокое положение в измерениях открытости и влияния. Эти высокопроизводительные страны дополняются Нидерландами, Данией, Ирландией, Бельгией и Великобританией в верхнем квадранте. Португалия также сильна, демонстрируя, по-видимому, политику изменений, чтобы стимулировать большее развитие НИОКР и вовлеченности в Европе [47].

Среди самых слабых производителей в терминах открытости и влияния находятся Китай, Япония и Турция, а также Россия. Удивительно, что Южная Корея располагается в нижнем квадранте диаграммы, несмотря на высокие доли расходов ВВП на НИОКР. США занимают положительную позицию относительно влияния, но более низкую по открытости, вероятно, из-за большого размера (объема) научных предприятий. Италия менее открыта, чем другие европейские соседи, но все

еще показывает относительно сильное влияние. Отметим, что Словения и Эстония были добавлены в выборку 33 научно развитых стран, исследуемых в работе Вагнер и Йонкерса [10].

В конце мы провели линейный регрессионный анализ, чтобы вычислить переменные контроля относительно их взаимосвязи между открытостью (openness) и влиянием (табл. 3). Были включены два показателя, теоретически релевантные влиянию национального исследовательского массива. Первый показатель – уровень правительственного финансирования НИОКР (ПБАНИОКР), а второй – публикационный результат на уровне страны (FracPubs). Оценки данного параметра стандартизировались, чтобы продемонстрировать относительную силу переменных.

Открытость показывает сильную взаимосвязь с относительным FWCI. Соотношение GBAORD/GDP и относительные публикации показывают важные положительные связи с относительным FWCI. Учитывая наблюдаемую сильную корреляцию с «ПБАНИОКР, деленным на ВВП», заменим показатель ПБАНИОКР измерением интенсивности ПБАНИОКР в итоговой модели, представленной в табл. 3. Стандартизированные оценки параметра указаны в соответствующей колонке табл. 3, при которых открытость имеет значение 0,62 вместе с влиянием. Относительные публикации показывают коэффициент, равный 0,25. Интенсивность правительства относительно НИОКР (ПБАНИОКР на ВВП) дает коэффициент 0,41. Доля переменной adjusted-R2 в относительном FWCI, объясняемой данной моделью, равняется 0,66. Эти результаты служат веским доказательством положительной взаимосвязи между открытостью и влиянием. Благодаря небольшой выборке и ограниченной модели, данные результаты должны приниматься как предварительные.

Таблица 1

Корреляции

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 – FracFWCI									
2 – GBAORD	0,1137 0,5091 36								
3 – GBAORD/ GDP	0,6161 <0,0001 36	0,17213 0,3154 36							
4 – FracPubs	0,02679 0,8767 36	0,84845 <0,0001 36	0,00119 0,9945 36						
5 – Int.Perc.	0,76996 <0,0001 36	-0,266 0,1169 36	0,39992 0,0157 36	-0,36235 0,0299 36					
6 – newinflows	0,72562 <0,0001 35	-0,10612 0,544 35	0,39938 0,0175 35	-0,15424 0,3763 35	0,78442 <0,0001 35				
7 – returnees	0,46864 0,0045 35	-0,21715 0,2102 35	0,15081 0,3872 35	-0,26176 0,1288 35	0,68096 <0,0001 35	0,57719 0,0003 35			
8 – mobile	0,73966 <0,0001 36	-0,12944 0,4518 36	0,41714 0,0114 36	-0,19165 0,2628 36	0,76815 <0,0001 36	0,97474 <0,0001 35	0,65269 <0,0001 35		
9 – outflows	0,69447 <0,0001 35	0,11399 0,5144 35	-0,28128 0,1017 35	0,17396 0,3176 35	-0,79443 <0,0001 35	-0,94554 <0,0001 35	-0,71239 <0,0001 35	-0,97026 <0,0001 35	
10 – openness	0,68197 <0,0001 35	-0,26361 0,126 35	0,35458 0,0366 35	-0,33819 0,0469 35	0,84765 <0,0001 35	0,9335 <0,0001 35	0,80527 <0,0001 35	0,96073 <0,0001 35	-0,957 <0,0001 35

Составляющие загрузки по открытости

Собственные векторы	Открытость
Международные совместные публикации	0,504435
Мобильность	0,531304
Новые притоки	0,519326
Вернувшиеся	0,439957

Таблица 3

Линейный регрессионный анализ – зависимой переменной является влияние (относительное влияние ссылок, измеренное по областям науки)

Переменная	Станд. оц.	Параметр оц.	SE	t-значение	Pr> t
Intercept	0	0,80442	0,0645	12,47	<0,0001
Openness	0,62298	0,18466	0,03384	5,46	<0,0001
GBAORD/GDP	0,40864	0,33748	0,08873	3,8	0,0006
FracPubs.	0,254	7,61E-07	3,2E-07	2,38	0,0237
Adj.R2	0,6631				
N	35				

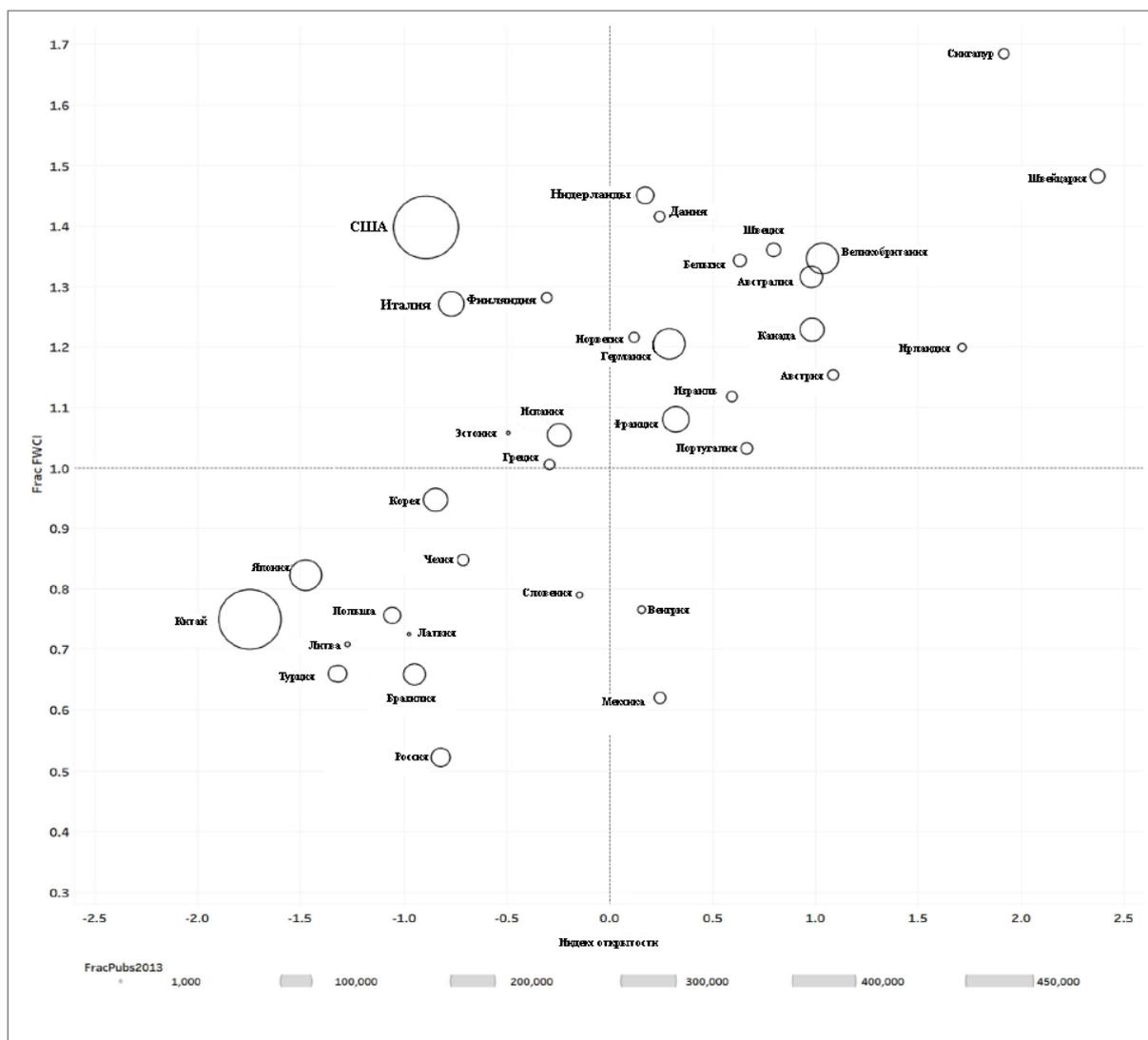


Рис. Диаграмма рассеивания дробного влияния ссылок, измеренного по областям науки (FWCI) и открытости

Лейдесдорф и др. [48] провели дополнительный анализ этих данных. Используя отрицательный бинарный регрессионный анализ, они подтвердили представленные здесь результаты и даже показали, что эффект правительственного финансирования международного влияния является отрицательным. Более того, они показали, что международное сотрудничество имеет положительное и статистически важное значение, а правительственные расходы оказывают в легкой степени отрицательное воздействие [49]. Это усиливает утверждение, что международное сотрудничество становится независимым фактором в самоорганизации наук [49,50].

ОГРАНИЧЕНИЯ

Результаты данного эмпирического анализа являются предварительными и ограниченными по нескольким ключевым причинам. Во-первых, данный проект является межсекционным: еще не доступны данные по относительно FWCI и мобильности для стран во времени. Этот важный недостаток подразумевает, что мы всего лишь докладываем о межсекционных корреляциях, а не устанавливаем причину. Поэтому не можем выявить эндогенность между влиянием и открытостью, т.е. возможно успех порождает мобильность ученых. Во-вторых, мы включили только ограниченный набор переменных в модель регрессии. ПБАНИОКР считаются многими экспертами идеальной переменной, отражающей правительственное финансирование НИОКР. Тем не менее, доступность данных ОЭСР по ПБАНИОКР на сегодня ограничена примерно 30 странами. Отметим, что данные по ПБАНИОКР, полученные от ОЭСР, не сообщают данных относительно Китая и Сингапура — эти данные предоставлены национальными правительствами. Более того, данные о мобильности ограничены небольшим числом развитых стран. Таким образом, хотя имеются библиометрические данные (такие как FWCI, число публикаций и доля международных совместных публикаций) по гораздо большему числу стран, данный анализ лимитирован измерениями мобильности и данными по правительственному финансированию.

Использование анализа цитирования также вносит проблемы, связанные с подсчетом. Что касается проблемы ссылок как показателя влияния, отмечаем огромный и актуальный объем литературы по данному вопросу, представленный в подробном обзоре Костофа [51]. Среди ограничений анализа цитирования хорошо известен эффект Матфея [52], проявляющийся в том, что ссылки становятся теми, на которые уже ссылались; это оказывает влияние на весь анализ цитирования. Более того, Катц и Мартин [53] утверждают, что соавторство является только частичным показателем сотрудничества, поскольку не каждое соавторство предполагает сотрудничество. Аналогично существует феномен присваивания множественных адресов [54], когда авторы приводят более одного адреса, он (феномен) отвечает почти за 6% данных соавторства. Хоттенротт и Лоусон [55] обнаружили, что практика перечисления множества мест работы удвоилась в последние несколько лет (это и далее поддерживает идею, что ученые меняют место работы/переезжают с места на место чаще). Наконец, признается, что подсчеты соавторства нивелируются встречаемостью гиперавторских статей, содержащих и перечисляющих в списках адресов свыше 100 соавторов [56,57]. Эти проблемы присущи и используемым дан-

ными. Хотя есть попытки (такие как открытый идентификатор исследователей — ORCID) создания уникальных идентификаторов исследователей, нет никаких норм относительно указания многочисленных мест работы в статьях: некоторые авторы приводят адреса организаций, в которых они работают длительное время; другие авторы указывают два адреса (постоянной работы и по совместительству); отдельные авторы указывают только домашний адрес, даже если они проводят исследования где-то еще. Это означает, что отдельные международные связи можно количественно преувеличить, если два адреса принадлежат одному человеку, но их можно и недосчитать, если ученые-совместители указывают только адрес совместительства или основной организации.

Более того, мы признаем, что числа, примененные к странам, являются весьма общими, и что информация терялась по мере индексации и обобщения показателей. Следует отказаться от признания этих результатов окончательными или устанавливающими причинность. Полагаем, что они представляют новый интересный подход к пониманию влияния международного сотрудничества и с нетерпением ждем дальнейших проверок данного подхода и дискуссии относительно результатов.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эта статья распространяется на недавний комментарий [10], вводящий индекс открытости для обеспечения понимания измерений преимуществ стран, участвующих в международном научном сотрудничестве. Индекс открытости основан на показателях международного сотрудничества, подтвержденных соавторством и другими измерениями степени международной мобильности ученых. Затем они сравниваются с пятилетними ссылками, дробно распределенными по странам. Целью исследования было присвоение пропорциональных долей результатам и влиянию стран, нахождение их связи с расходами и применение анализа, чтобы понять влияние международного сотрудничества и мобильности (вовлеченности) на относительное, измеренное по областям науки, влияние ссылок, взятых из национальных публикационных выходных данных.

Результаты предполагают, что страны, открытые для международного участия, стремятся написать научные статьи, которые имеют влияние выше, чем менее открытые страны. Признаем, что влияние не всегда означает то же, что и качество, но является показателем участия и признания: люди уделяют внимание работе, ведущейся за рамками национальных границ. Страны, очень открытые в том смысле, что их исследователи активно участвуют в международной совместной публикационной деятельности, стремятся провести высококачественное исследование. Такие страны, однако, обладают относительно высокой степенью научных ресурсов (мировые ведущие научно-исследовательские организации, высококвалифицированные людские ресурсы и финансирование). Эти страны способны сотрудничать на международном уровне, привлекать мобильных ученых и соответственно улучшать свой потенциал высококачественного научного производства. Страны не имеют одинаковых ресурсов или возможностей привлекать приглашенных исследователей. Тем не менее, политика играет свою роль. Отметим, что Сингапур относительно недавно считался менее развитой страной Азии, а сего-

дня обладает весомым профилем частично из-за политики, поощряющей международное сотрудничество. Эстония также делает некоторые успехи в развитии своей научной системы.

Предполагаем, что это свидетельствует о национальной выгоде от участия в международном сотрудничестве. Эта взаимосвязь прослеживается на приведенном рисунке в основном за счет более высокого влияния / высокой открытости демографически небольших стран, образующих кластер в верхнем правом квадранте диаграммы рассеивания. Сингапур, Великобритания, Нидерланды, Швейцария, Швеция и Дания – все оценивались высоко по показателям открытости и влияния. Это может быть тем случаем, когда для того, чтобы провести исследование мирового класса, небольшие страны должны сотрудничать – поскольку финансирование проводимого за рубежом исследования дорогое.

Тот факт, что открытость и участие коррелируют с влиянием, представляется не более чем простым подтверждением результатов, показывающих, что ссылки получают пользу от международного сотрудничества. Предполагается, что научная мобильность и взаимосвязанность могут быть факторами, стимулирующими более высококачественную работу. Европейский союз строит свои программы финансирования НИОКР на предположении, что сотрудничество может усилить влияние и окажется способным принести плоды. Более того, результаты предполагают, что тесное сотрудничество остается важной составляющей научного развития, особенностью, обсуждающейся в литературе [58, 28].

Результат взаимосвязи открытости и влияния заставляет нас отразить недавние аномалии в смещении позиций стран в условиях научных результатов и лидерства. Те страны, которые менее открыты, кажутся изолированными в условиях влияния. В частности, Япония, видящая влияние результатов и цитирования, остается на той же позиции с 2000 г. [59]; Япония также находится среди менее подверженных интернационализму ведущих стран. Отсутствие международного участия может снижать эффективность Японии. В статье 2010 г. Адамс с соавторами [60] отмечал, что Япония обладает хорошо налаженным научным потенциалом и университетами мирового класса: « [поэтому] для наблюдателя представляется загадкой, что средняя скорость цитирования ее научных статей в международных влиятельных журналах ... весьма низкая ... (относительно других стран)». Ответом на загадку может быть отсутствие «циркуляции мозгов».

Наоборот, небольшие и среднего размера страны с улучшенной глобальной вовлеченностью делают быстрые рывки во влиянии [61]. Заметными среди них, в добавление к хорошо известным лидерам, являются Швейцария, Нидерланды, Дания, Великобритания, и Швеция; Сингапур, Португалия, Бельгия и Австрия стоят особняком как страны, увеличивающие свои глобальные достижения и влияние с помощью более акцентированного внимания к своему исследованию. Оказывается, что вовлеченность в международное сотрудничество и мобильность ученых положительно воздействуют на Европу, в частности. Может иметь эффект и место размещения крупномасштабных межправительственных лабораторий и оборудования. Их присутствие в стране вероятнее всего усилит открытость и влияние.

Отмечается, что из стран, появляющихся в верхнем правом квадранте диаграммы рассеивания, те страны,

которые обладают высоким влиянием и высокой открытостью, – являются также вовлеченными в Европейское научное пространство (ЕНП). В рамках ЕНП европейские правительства внедряют меры по улучшению эффективности национальных научных систем, одновременно стимулируя международное сотрудничество и мобильность. Усиление внутривневропейской конкуренции и сотрудничества также являются основными целями рамочных программ Европейского союза, включающих инструменты, фокусирующиеся на усилении превосходства внутривневропейской мобильности, установления пан-европейского научного консорциума. Рамочные программы открыты для участия в них ученых не из стран ЕС, одной из текущих утвержденных задач научной политики ЕС является большая «открытость миру».

США занимают несколько аномальных позиций на глобальном уровне. Во-первых, отмечается, что в США снижается процентная доля высокоцитируемых публикаций. Действительно, несмотря на то, что ЕС превосходит США в верхних 10% наиболее влиятельных публикаций, недавний анализ Лейдесдорфа с соавторами [61] и Родригес-Наварро и Нарин [62] показал, что США все еще остаются лидером в производстве верхнего 1% самых высокоцитируемых достижений в науке. Это так, несмотря на то что в процентном соотношении США менее открыты, чем другие лидеры. США продолжают привлекать ученых со всего мира, но сами не отправляют за границу ученых в таком же количестве. Это происходит, вероятно, потому, что в сравнении с другими анализируемыми странами США географически огромны и имеют большие научные людские ресурсы, подготовленные, сотрудничающие и свободно и часто передвигающиеся внутри страны. Размер системы США в сочетании с внутренними предубеждениями относительно ссылок [63,64] может также приводить к «раздутой» картине влияния в сравнении с небольшими системами.

Корреляция между открытостью и влиянием цитирования является сильной, даже когда контролируется финансирование НИОКР или интенсивность финансирования НИОКР и число опубликованных статей. Страны с более низкой открытостью и меньшим влиянием включают Россию, Турцию и Польшу, Китай, Японию, Латвию, Литву, Чехию и, в разрез ожиданиям, Южную Корею (она тратит больший процент своего ВВП на НИОКР, чем любая страна – член ОЭСР, включая США). Эти страны показаны в нижнем левом квадранте. Мексика работает гораздо меньше, чем можно ожидать исходя из наблюдаемой корреляции между открытостью и влиянием, отмечаемыми в других странах. Хотя страна - член ОЭСР, Тейлор [9] утверждает, что отсутствие (нехватка) стабильного и поддерживаемого инвестирования в ее научную систему сокращает эффективность национальных расходов. Почему Венгрия и Италия действуют иначе в отличие от других стран в нашей выборке – это вопрос, требующий дальнейшего изучения.

Политические действия, призванные национализировать научные практики и снижать международное участие в сотрудничестве, кажется, будут считаться анти-экономическими по отношению к влиянию и вероятно творчеству. Хотя нельзя проследить причинно-следственную взаимосвязь между открытостью и влиянием на основе данного анализа, первым указанием на эту связь служит то, что «циркуляция мозгов» может быть важной для науки за счет подачи свежих идей, улучшения творче-

ства и роста качества, как это предположил в отношении Индии и Китая Саксениан [65], по отношению к Китаю Йонкерс и Тейссен [22], применительно к Аргентине Йонкерс и Круз-Кастро [26], для Италии Баруфалли и Ландони [25] и к послевоенной Германии Йонс [23].

Тейлор [9] утверждал, что научная и технологическая мощь стран сильно связана с их интеграцией в международные коммерческие сети. В дальнейшем исследовании мы будем изучать взаимосвязь между научной и экономической открытостью и то, в какой степени различные измерения экономической, социальной, культурной или политической открытости могут помочь создать модель, объясняющую большинство отклонений в работе национальных научных систем.

Благодарность. Благодарим Луца Лейдесдорфа и трех анонимных рецензентов за рекомендации, касающиеся более раннего варианта статьи, а также Монни Бейкер из *Nature Magazine* за помощь в создании комментария, появившегося 5 октября 2017 г. Кроме того, данные результаты были представлены на ежегодной конференции AAAS (the American Association for the Advancement of Science) в феврале 2017 г. и нам были полезны пожелания, высказанные со стороны докладчиков и аудитории.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Godin B.* Outline for a history of science measurement// *Sci. Technol. Hum. Values.* —2002. — Vol. 27. — P. 3–27. — doi:10.1177/016224390202700101

2. *OECD.* The Frascati Manual, Guidelines for collecting and reporting data on research and experimental development. — Paris: OECD Publishing, 1963–2015.

3. *OECD.* OECD science, technology and industry scoreboard 2015 – Innovation for growth and society. — 2015. — http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oced/science-and-technology/oced-science-technology-and-in-dustry-scoreboard-2015_sti_scoreboard-2015-en#.WexujUibvUM

4. *UNESCO.* UNESCO world science report 2010. — Paris: UNESCO Publishing, 2010. — http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001899/1899_58e.pdf

5. *Finnemore M.* National interests in international society. — Ithaca: Cornell University Press, 1996.

6. *Adams J.* Collaborations: The fourth age of research// *Nature.* — 2013. — Vol. 497. — P. 557–560. — doi:10.1038/497557a

7. *Wagner C. S., Park H. W., Leydesdorff L.* The continuing growth of global cooperation networks in research: A roundtable for national governments// *PLoS ONE* — 2015. — Vol. 10:e0131816. — doi:10.1371/journal.pone.0131816

8. *Moed H. F., Halevi G.* Multidimensional assessment of scholarly research impact// *J. Assoc. Inform. Sci. Technol.* — 2015. — Vol. 66. — P. 1988–2002. — doi:10.1002/asi.23314

9. *Taylor M. Z.* The politics of innovation — Why some countries are better than others at science and technology. — Oxford, UK: Oxford University Press, 2016.

10. *Wagner C. S., Jonkers K.* Open countries have strong science// *Nature.* —2017. — Vol. 550, No.7674. — doi:10.1038/550032a

11. *Cimini G., Zaccaria A., Gabrielli A.* Investigating the interplay between fundamentals of national research systems: performance, investments and international collaborations// *J. Informetrics.* — 2016. — Vol. 10. — P. 200–211.

12. *Narin F., Stevens K., Whitlow E.* Scientific co-operation in Europe and the citation of multinationally authored pa-

pers// *Scientometrics.* —1991.— Vol. 21.— P. 313–323.— doi:10.1007/BF02093973

13. *Glänzel W., de Lange C.* A distributional approach to multinationality measures of international scientific collaboration// *Scientometrics.* — 2002. — Vol. 54. —P. 75. — doi:10.1023/A:1015684505035

14. *Gazni A., Sugimoto C. R., Didegab F.* Mapping world scientific collaboration: Authors, institutions, and countries// *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.* —2012. — Vol. 63. — P. 323–335. — doi:10.1002/asi.21688

15. *Bote G., Vicente P., Olmeda-Gómez C., Moya-Anegón F.* Quantifying the benefits of international scientific collaboration// *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.* — 2013. — Vol. 64. — P. 392–404.

16. *Leydesdorff L., Shin J. C.* How to evaluate universities in terms of their relative citation impacts: Fractional counting of citations and the normalization of differences among disciplines// *J. Assoc. Inform. Sci. Technol.* — 2011. — Vol. 62. — P. 1146–1155. —doi:10.1002/asi.21511

17. *Appelt S., van Beurdekorn B., Galindo-Rueda F., de Pinho R.* “Which factors influence the international mobility of research scientists?” in *global mobility of research scientists.* — Paris: OECD Publishing, 2015. —P. 177–213.

18. *Sugimoto C. R., Robinson-Garcia N., Murray D. S., Yegros-Yegros A., Costas R., Larivière V.* Scientists have most impact when they're free to move// *Nature.* —2017. — Vol. 550. — P. 29. — doi:10.1038/550029a

19. *Franzoni C., Scellato G., Stephan P.* Foreign-born scientists: Mobility patterns for 16 countries// *Nat. Biotechnol.* — 2012. —Vol. 30. — P. 1250–1253. — doi:10.1038/nbt.2449

20. *Franzoni C., Scellato G., Stephan P.* “International mobility of research scientists: Lessons from GlobSci,” in *global mobility of research scientists—The economics of who goes where and why/ A. Geuna (ed.).* — Academic Press, 2015.

21. *Franzoni C., Scellato G., Stephan P.* Context factors and the performance of mobile individuals in research teams// *J. Manage. Stud.* — 2017. — Vol. 55. — P. 27–59. — doi:10.1111/joms.12279

22. *Jonkers K., Tijssen R.* Chinese researchers returning home: Impacts of international mobility on research collaboration and scientific productivity// *Scientometrics.* — 2008. — Vol. 77. — P. 309–333. — doi:10.1007/s11192-007-1971-x

23. *Jöns H.* ‘Brain circulation’ and transnational knowledge networks: Studying long-term effects of academic mobility to Germany, 1954–2000// *Global Networks.* —2009. — Vol. 9. — P. 315–338. — doi:10.1111/j.1471-0374.2009.00256.x

24. *Jonkers K.* Mobility, migration and China’s scientific research system. — Routledge China Series, Milton Park, UK: Routledge, 2010.

25. *Baruffaldi S. H., Landoni P.* Return mobility and scientific productivity of researchers working abroad: The role of home country linkages// *Res. Policy.* — 2012. — Vol. 41. — P. 1655–1665. — doi:10.1016/j.respol.2012.04.005

26. *Jonkers K., Cruz-Castro L.* International mobility, research collaboration and productivity of Argentinean life scientists// *Res. Policy.* —2013. — Vol. 42. — P. 1366–1377. — doi:10.1016/j.respol.2013.05.005

27. *Fernandez-Zubieta A., Geuna A., Lawson C.* “What do we know of the mobility of research scientists and impact on scientific production,” in *global mobility of research scientists—The economics of who goes where and why/ A. Geuna (ed.).*—Academic Press, 2015.— P. 1–13.

28. *Wagner C. S.* The new invisible college: Science for development. — Washington, DC: Brookings Institution Press, 2009.

29. *Beine M., Docquier F., Rapoport H.* Brain drain and human capital formation in developing countries: Winners and losers// *Econ. J.* — 2008. — doi:10.1111/j.1468-0297.2008.02135.x
30. *Papakonstantinou M. A.* Understanding the effects of human capital on economic growth. — Groningen: University of Groningen, SOM Research School, 2017.
31. *Stark O., Helmenstein C., Prskawetz A.* A brain gain with a brain drain// *Econ. Lett.* — 1997.— Vol. 55. — P. 227–234. — doi:10.1016/S0165-1765(97)00085-2
32. *Bozeman B., Dietz J. S., Gaughan M.* Scientific and technical human capital: An alternative model for research evaluation// *Int. J. Technol. Manag.*—2001.—Vol. 22.— P. 716–740. — doi:10.1504/IJTM.2001.002988
33. *Agrawal A., Kapur D., McHale J., Oettl A.* Brain drain or Brain bank? The impact of skilled emigration on poor country innovation// *J. Urban Econ.* —2011. — Vol. 69. —P. 43–55. — doi:10.1016/j.jue.2010.06.003
34. *Ding W. W., Levin S. G., Stephan P. E., Winkler A. E.* The impact of information technology on scientist's productivity and collaboration patterns// *Manage. Sci.* — 2010. — Vol. 56. —P. 1439–1461. — doi:10.1287/mnsc.1100.1195
35. *Arrow K.* Economic welfare and the allocation of resources for invention// *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors* / R. R. Nelson (ed.). —Princeton, NJ: Princeton University Press, 1962. — P. 609–626.
36. *Schmookler J.* Invention and economic growth — Boston: Harvard University Press, 1966.
37. *Freeman C.* Unemployment and technical innovation: A study of long waves and economic development. — Burns: Indiana University, 1982.
38. *Perez C.* Structural change and assimilation of new technologies in the economic and social systems// *Futures.* —1983. —Vol. 15. —P. 357–375. — doi:10.1016/0016-3287(83)90050-2
39. *Nelson R. R.* National innovation systems: A comparative analysis. —Oxford: Oxford University Press, 1993.
40. *Colledge L.* Snowball metrics recipe book. —2014. — https://www.snowballmetrics.com/wp-content/uploads/snowball-recipe-book_HR.pdf (accessed January, 2018).
41. *Van Raan A. F. J.* Measuring science// *Handbook of quantitative science and technology studies* / H. F. Moed, W. Glänzel, and U. Schmoch (eds.). —Dordrecht: Springer Netherlands, 2005. —P. 19–50.
42. *Leydesdorff L., Radicchi F., Bornmann L., Castellano C., Nooy W.* Field normalized impact factors (IFs): A comparison of rescaling and fractionally counted IFs// *J. Assoc. Inform. Sci. Technol.* — 2013. —Vol. 64. — P. 2299–2309. — doi:10.1002/asi.22911
43. *Colledge L., Verlinde R.* Scival metrics guidebook. — 2014. — https://www.elsevier.com/_data/assets/pdf_file/0020/53327/scival-metrics-guidebook-v1_01-february2014.pdf (accessed January, 2018).
44. *Moed H. F., Plume A.* Studying scientific migration in Scopus// *Scientometrics.* —2013. —Vol. 94. —P. 929–942.— doi:10.1007/s11192-012-0783-9
45. *Dunteman G. H.* Principal component analysis (Quantitative Applications in the Social Sciences). — SAGE, 1989.
46. *O'Rourke N., Hatcher L.* A step-by-step approach to using SAS for factor analysis and structural equation modeling. — Cary, NC: SAS Institute, 2013.
47. *Patricio M. T.* Science policy and the internationalisation of research in Portugal// *J. Stud. Int. Educ.* —2010. — Vol. 14.—P. 161–182. —doi:10.1177/1028315309337932
48. *Leydesdorff L., Bornmann L., Wagner C. S.* The relative influences of government funding and international collaboration on citation impact// *J. Assoc. Inform. Sci. Technol.* —2018. (forthcoming).
49. *Persson O., Glänzel W., Danell R.* Inflationary bibliometric values: The role of scientific collaboration and the need for relative indicators in evaluative studies// *Scientometrics.* —2001. — Vol. 60. — P. 421–432.
50. *Wagner C. S., Leydesdorff L.* Network structure, self-organization, and the growth of international collaboration in science// *Res. Policy.* — 2005. — Vol. 34. — P. 1608–1618. — doi:10.1016/j.respol.2005.08.002
51. *Kostoff R.* The use and misuse of citation analysis in research evaluation// *Scientometrics.* — 1998. — Vol. 43. — P. 27–43. — doi:10.1007/BF02458392
52. *Merton R. K.* The Matthew effect in science// *Science.* — 1968. — Vol. 159. — P. 56–63. — doi:10.1126/science.159.3810.56
53. *Katz J. S., Martin B. R.* What is research collaboration? // *Res. Policy.* —2001. — Vol. 26.—P. 1–18. — doi:10.1016/S0048-7333(96)00917-1
54. *Glänzel W.* National characteristics in international scientific coauthorship relations// *Scientometrics.* — 2001. — Vol. 51. — P. 69–115. — doi:10.1023/A:1010512628145
55. *Hottenrott H., Lawson C.* A first look at multiple institutional affiliations: A study of authors in Germany, Japan and the UK// *Scientometrics.* — 2017. — Vol. 111.— P. 285–295. —doi:10.1007/s11192-017-2257-6
56. *Cronin B.* Hyperauthorship: A postmodern perversion or evidence of a structural shift in scholarly communication practices?// *J. Assoc. Inform. Sci. Technol.* —2001. — Vol. 52.— P. 558–569. — doi:10.1002/asi.1097
57. *Kahn M.* Co-authorship as a proxy for collaboration: A cautionary tale// *Sci. Public Policy.* — 2017. — Vol. 45.— P. 117–123. — doi:10.1093/scipol/scx052
58. *Nardi B. A., Whittaker S.* The place of face-to-face communication in distributed work/ *Distributed Work*, P. J. Hinds and S. Kiesler (eds.). —Cambridge: MIT Press, 2002.—P. 83–113.
59. *Adams J.* Collaborations, the rise of research networks// *Nature.* —2012.—Vol. 490. — P. 335–336. — doi:10.1038/490335a
60. *Adams J., King C., Miyairi N.* Global Research Report: Japan. — Evidence, a Thomson Reuters Business, 2010.
61. *Leydesdorff L., Wagner C. S., Bornmann L.* The European Union, China, and the United States in the top-1% and top-10% layers of most- frequently cited publications: Competition and collaborations// *J. Inform.* — 2017. — Vol. 8. — P. 606–617. —doi:10.1016/j.joi.2014.05.002
62. *Rodríguez-Navarro A., Narin F.* European paradox or delusion — are european science and economy outdated? // *Sci Public Policy.* —2017. — Vol. 45. — P. 14–23. — doi:10.1093/scipol/scx021
63. *Börner K., Penumarthi S., Meiss M., Ke W.* Mapping the diffusion of scholarly knowledge among major US research institutions // *Scientometrics.*— 2006.— Vol. 68.— P. 415–426. — doi:10.1007/s11192-006-0120-2
64. *Frenken K.* The new argonauts. Regional advantage in a global economy// *Reg. Stud.* —2009.—Vol. 43. — P. 993–994.
65. *Saxenian A.* From brain drain to brain circulation: Transnational communities and regional upgrading in India and China// *Stud. Comp. Int. Dev.* — 2005. — Vol. 40.— P. 35–61. — doi:10.1007/BF02686293