

ИЗ РАБОЧЕЙ ТЕТРАДИ
ИССЛЕДОВАТЕЛЯ

БИБЛИОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ
ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И МОДЕЛИ
НАУЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКЕ
В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

© 2020 г. **Л. Э. Миндели^а**, **М. А. Акоев^{б,*}**, **А. В. Золотова^{с,**}**,
А. Н. Либкинд^{с,*}**, **В. А. Маркусова^{с,****}**

^аИнститут проблем развития науки РАН, Москва, Россия

^бУральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

^сВсероссийский институт научной и технической информации РАН, Москва, Россия

*E-mail: m.a.akoev@urfu.ru

**E-mail: korablikanna@mail.ru

*** E-mail: anliberty@mail.ru

****E-mail: markusova@viniti.ru

Поступила в редакцию 20.11.2019 г.

После доработки 08.12.2019 г.

Принята к публикации 15.02.2020 г.

В статье представлены результаты библиометрического анализа эволюции отечественных фундаментальных исследований в области энергетики по сравнению с другими странами мира за 2008–2017 гг. Основные источники статистической информации – информационная система WoS, аналитический инструмент InCites и SciVal. Наиболее высокий темп роста научной продукции в мире был выявлен в энергетике (Research Area “Energy&Fuels” – E&F) – в 3.1 раза по сравнению с темпом роста на 140% мирового массива документов. Доля публикаций РАН в журналах Q1 и Q2 квартилей составила 80% в 2017 г. от общего массива публикаций РАН в этой области. На основании значения Jassard индекса (не превышает 0.2) выявлено значительное расхождение по направлениям исследований энергетических проблем почти всех стран, сотрудничающих с Россией (кроме 0.46 в Казахстане). Российское международное научное сотрудничество в области энергетики менее интенсивно (на 10%), чем в среднем по всем научным направлениям (32%). Настораживает очень незначительное количество совместных публикаций по E&F с традиционными российскими партнёрами, такими как Германия, США, Франция.

Ключевые слова: научная продуктивность, энергетика и топливо, индикаторы цитируемости, InCites, WoS, национальное и международное научное сотрудничество, страны, кластеры.

DOI: 10.31857/S0869587320060092

Выбор приоритетов стратегического развития научных направлений и оценка роли национальной науки в мировой – предмет многих библиометрических исследований [1–6]. 7 мая 2018 г. Президент Российской Федерации подписал Указ № 204 “О национальных целях и стратегиче-

ских задачах развития Российской Федерации до 2024 г.” По мнению экономистов, заявленные в документе цели могут быть достигнуты “консолидацией и сплочением действий стратегического планирования, обеспечивающих развитие социально-экономической, научной и технологической сфер деятельности” [7]. В соответствие с Указом были разработаны и утверждены паспорта 13 национальных программ, в том числе Национальной программы “Наука”. В качестве библиометрических показателей результатов выполнения программы “Наука” были выбраны три индикатора публикационной активности отечественных исследователей, индексированных в глобальной информационной платформе Web of

МИНДЕЛИ Леван Элизбарович – член-корреспондент РАН, научный руководитель ИПРАН РАН. АКОЕВ Марк Анатольевич – заведующий лабораторией по наукометрии Уральского федерального университета им. Б.Н. Ельцина. ЗОЛотова Анна Витальевна – старший научный сотрудник ВИНТИ РАН. ЛИБКИНД Александр Наумович – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ВИНТИ РАН. МАРКУСОВА Валентина Александровна – доктор педагогических наук, ведущий научный сотрудник ВИНТИ РАН.

Science (WoS). Выбор исследовательских приоритетов, результаты которых способствуют экономическому и инновационному росту страны, играет важную роль в эффективной научной политике.

Официальная статистика свидетельствует, что на российскую нефтегазовую отрасль приходится четверть ВВП страны. Однако если учесть ряд дополнительных факторов [8], отечественная экономика оказывается ещё более зависимой от углеводородов [8]. Согласно оценке А. Текингундуза, экспорт нефти и газа составляет 40% общих доходов федерального бюджета нашей страны [9]. Россия, Саудовская Аравия и США входят в тройку крупнейших производителей сырой нефти. Россия экспортирует в основном сырую нефть, что объясняется прежде всего нехваткой нового оборудования для её переработки.

После экономического кризиса 2008 г. многие страны обратили пристальное внимание на исследования и разработки в области энергетических ресурсов. В 2009 г. Министерство энергетики США (Department of Energy – DOE) объявило о реализуемой под эгидой Департамента науки (Office of Science – OS) специальной Программе создания Центров передовых исследований по энергетике (Energy Frontiers Research Centers – EFRC) с целью обеспечения научных прорывов в этой области. Департамент науки финансирует изучение широкого круга мультидисциплинарных проблем, касающихся энергетических систем будущего, в том числе с использованием солнечной энергии, хранения энергии, производства топлива на основе расщепления воды и сокращения выбросов углекислого газа. Эти проблемы непосредственно связаны с развитием материаловедения и химических технологий, которые преобразуют энергию из одной формы в другую.

Центры передовых исследований по энергетике отбирались экспертами на основе открытого конкурса. В первом туре конкурса в 2009 г. в программу были включены 46 центров, которым на выполнение фундаментальных исследований на пятилетний период выделили 777 млн долл. Библиометрическое исследование по оценке результатов первого этапа EFRC за 2009–2014 гг., показало, что в этих центрах, несмотря на отсутствие формальных механизмов координации исследований, увеличилось соавторство между членами EFRC, появились новые авторы и повысилось качество разработок [11]. В результате конкурса 2018 г. были отобраны 42 EFRC, всего же с момента запуска программы поддержку получили 82 центра, из которых в настоящее время активны 46. Общие затраты только на эту программу составили в 2009–2018 гг. 1.5 млрд долл. В ознаменование де-

сятилетнего юбилея программы EFRC Департамент науки присудил премии десяти лауреатам, которые выполнили исследования, оказавшие огромное влияние на развитие научных идей, технологий и инструментов [12].

Выше упоминалось, что будущее энергетики связано с развитием новых материалов, прежде всего основанных на наноструктурах. Значение нанонаук для будущего энергетики подтверждает масштабное библиометрическое исследование по оценке развития нанонауки, выполненное под руководством известного специалиста профессора П. Шапиры и его команды из Университета Манчестера и Института технологий штата Джорджия [13]. Эта работа осуществлялась по заказу Академии наук США в связи с 15-летием нанотехнологической инициативы президента США Б. Клинтона. Анализ выполнялся на массиве 2.2 млн реферативных записей о нанопубликациях в Web of Science за период с 1991 по 2017 г. Результаты подтверждают огромный междисциплинарный охват исследований по нанонаукам и технологиям и продолжающееся бурное развитие этого направления. Усилил свою роль в качестве мирового лидера по количеству публикаций в области нанонаук и Китай. Заметное увеличение числа публикаций в этой области отмечено в Индии, Иране и некоторых других странах с развивающейся экономикой. Кластерный анализ нанопубликаций за 2013–2017 гг. позволил выявить более 20 новых направлений, которые будут активно изучаться в ближайшие несколько лет [13].

Цель настоящей работы – сопоставительный библиометрический анализ развития отечественных фундаментальных исследований в области энергетики по сравнению с ведущими странами мира, а также моделей национального и международного сотрудничества (соавторства) в этой сфере исследований.

В качестве основных источников данных использовались информационные продукты Clarivate Analytics: Web of Science Core Collection (WoS), включающая Science Citation Index – Expanded (SCI-E), Social Science Citation Index (SSCI) и Art & Humanities Citation Index (A & HCI), Conference Proceeding Citation Index – Science (CPCI-S), Conference Proceeding Citation Index – Social Sciences & Humanities (CPCI-SSH), Book Citation Index – Science (BKCI-S), Book Citation Index & Social Sciences & Humanities (BKCI-SSH), аналитическая БД InCites, в которую с 2016 г. входит БД Journal Citation Reports (JCR). В качестве дополнительного источника привлекались данные российской национальной БД Russian Science Citation Index (RSCI)-C, БД Russian Science Citation Index – совместного продукта eLibrary и Clarivate Analytics, аналогичного другим нацио-

нальным БД, таким как Clarivate's Korean, Chinese and Latino Citation Index. Эта группа указателей размещена на платформе WoS, однако их журналы-источники не индексируются для подготовки WoS, а также указателя содержания журналов Current Contents [6]. В RSCI-C индексируется 628 наименований отечественных журналов с 2005 г. по настоящее время.

В качестве количественного показателя в нашем исследовании был принят показатель публикационной активности – научная продуктивность (НП): число публикаций (страны, региона, организации) с учётом всех видов публикаций. Отметим, что этот показатель широко применяется в библиометрических работах с целью анализа результатов исследований, оптимизации научной политики и системы образования и науки. Хронологические рамки исследования охватывают период с 2008 по 2017 г. В качестве классификатора научных направлений использовалась одна из классификаций WoS, известная как *Research Area* (RA). Все документы в WoS классифицируются по 152 RA. Классификация документов по научным направлениям осуществлялась на основе опции *Research Analysis*. Поскольку статьи и обзоры являются наиболее информационно-значимыми типами документов, то из всех публикаций по предметной категории “Energy&Fuels” в WoS и в БД InCites были выбраны только статьи и обзоры (A&R). Массив A&R в мире по этому направлению в 2008–2017 гг. составил 246 152 единицы. Соответствующий отечественный массив – 4237 единиц. Для оценки темпов роста НП мирового потока, России и других индустриальных стран мира подсчитывался компонентный показатель ежегодного роста (Compound annual growth rate – CARG). Показатель CARG рассчитан по методике, описанной в статье [6].

Для оценки качества (уровня) исследований использовались различные индикаторы цитируемости, в том числе: средняя цитируемость публикаций страны в определённой области (предметной категории) по сравнению со средней цитируемостью данной области в мировом потоке; доля международного сотрудничества и доля публикаций, подготовленных совместно с представителями промышленного сектора; доля публикаций страны в журналах первого и второго квартилей данной категории, относительный импакт-фактор публикаций страны по отношению к мировому; нормализованный показатель цитируемости публикаций страны (Category Normalized Citation Impact – CNCI), доля публикаций страны в 1% и 10% самых цитируемых публикаций. Для оценки вклада отечественной науки в мировую и сопоставления России с другими странами статистика по различным показателям цитирования была получена из InCites 3–5 мая 2019 г.

С целью нивелирования колебаний годового числа публикаций данные анализировались за два 5-летних периода: 2008–2012 гг. и 2013–2017 гг.

Международное научное сотрудничество (МНС) оценивалось по числу совместных публикаций отечественных и иностранных учёных, авторами которых становились учёные из двух или более стран. Для оценки изменений в научной продуктивности МНС подсчитывался показатель CARG. С целью выявления схожести тематики направлений исследований, выполненных в рамках научного сотрудничества России с рядом индустриальных стран мира, вычислялся коэффициент Жаккара (Jaccard Index – JI). Этот коэффициент впервые в библиометрии предложил в 2003 г. профессор В. Глэнцел из бельгийского Католического университета в работе [14]. Для сопоставления публикационных стратегий российских университетов в 2018 г. его использовал В.В. Писляков [15]. Величина JI находится в пределах от нуля до 1, тематика направлений отечественных исследований была принята нами за 1. Чем ниже значение JI, тем значительнее различие по тому или иному научному направлению в совместных публикациях России и сотрудничающей с ней страной. Расчёт JI выполнен по обобщённой для векторов формуле коэффициента Жаккара [16]. Для двух стран x и y их публикации представлены как вектора, в которых компоненты x_i и y_i равны числу публикаций по тематике E&F страны в журнале i :

$$JI(x, y) = \frac{\sum_i \min(x_i, y_i)}{\sum_i \max(x_i, y_i)}.$$

Чтобы выявить структуру наиболее важных научных направлений в отечественных исследованиях, использован кластерный анализ публикаций на основе социтирования, выполненный К. Бояком на массиве публикаций, включённых в БД Scopus компании Elsevier [17]. Результаты кластеризации в форме топиков (тем) доступны для анализа через аналитическую надстройку SciVal (Scopus). Для дальнейшего анализа выделены кластеры, охватывающие более 0.5% массива публикаций. Значение 0.5% выбрано как среднее значение медиан доли вкладов кластеров топиков в публикации стран. Анализ кластеров топиков из БД InCites проводился на основе всех российских документов по направлению E&F за 2009–2018 гг., всего 7316 публикаций, из них только 6168 записям были присвоены DOI. Эти публикации импортированы в SciVal.

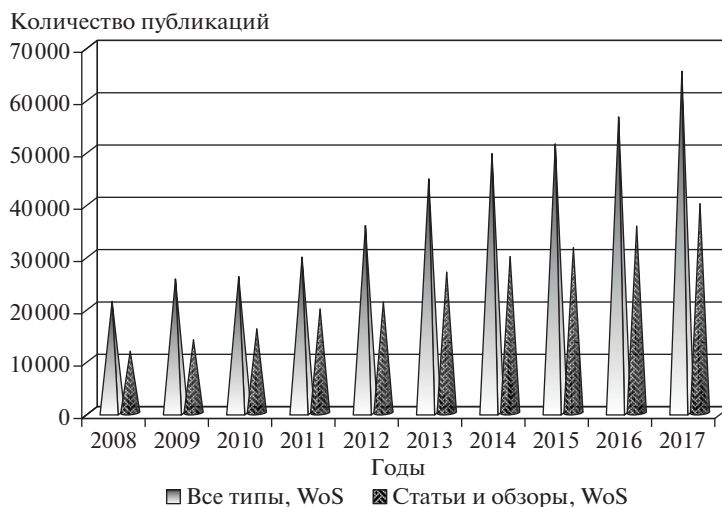


Рис. 1. Темпы роста публикаций по E&F в мире в зависимости от типа документа, по данным Web of Science, 2008–2017 гг.

ТЕНДЕНЦИИ РОСТА НАУЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ПО НАПРАВЛЕНИЮ “ЭНЕРГЕТИКА” (RESEARCH AREA “ENERGY&FUELS” – E&F)

Рост научной продуктивности в мире, по данным семи БД WoSCC, составил 1.4 раза в 2017 г. по сравнению с 2008 г. (с 2 011 745 публикаций до 2 802 248). Рост НП России был выше – 1.85 раза (с 34 413 единиц до 63 820). Несомненно, этому способствовала государственная инвестиционная политика по стимулированию фундаментальных исследований в университетах. Что касается статей и обзоров, увеличение НП в мире в 2017 г. по сравнению с 2008 г. достигло 1.5 раза (с 1 221 676 единиц до 1 795 895), в России оно было несколько меньшим – 1.4 раза. Сопоставительный анализ темпов увеличения числа российских публикаций в WoS и Scopus за 2000–2016 гг. дал примерно те же результаты, причём отмечалось, что более высокими темпами росло количество российских публикаций трудов конференций в WoS в период 2012–2016 гг. (более 30%) по сравнению с темпами роста A&R.

В течение рассматриваемого периода НП мировой науки по E&F увеличилась в 3.1 раза (все виды документов) – с 21 238 до 65 226 единиц, а по статьям и обзорам – в 3.4 раза (с 11 698 до 39 903 единиц). Массив российских публикаций в 2008–2017 гг. насчитывает 6 721 единицу, что составляет 1.65% мирового потока (406 180 публикаций). В целом для всех видов российских публикаций по Energy&Fuels увеличение за этот период составило 2.8 раза, а для статей и обзоров – 2.1 раза. Обращает на себя внимание тот факт, что распределение по видам публикаций в рамках направления E&F российского и мирового массива достаточно близко: статьи – 61.5% (Россия) и

57.5% (мир), материалы конференций – 38.3% (Россия) и 37.9% (мир). Эти тенденции отражены на рисунке 1.

Сопоставительный анализ вклада первых 25 стран, лидирующих по НП в исследованиях по энергетике и ранжированных по числу публикаций в 2008 г., позволил выявить значительные изменения в рангах стран к 2017 г. (табл. 1).

Китайская народная республика с темпом роста НП по E&F в 6.7 раза потеснила США и в 2017 г. вышла на 1 место. Темп роста НП России составил 2.8 раза, США – 2.5 раза. Ранг России значительно понизился с 14 места в 2008 г. до 15 в 2017 г. Самые высокие темпы роста продемонстрировали Саудовская Аравия (12.5 раза), Норвегия (6.6 раза), Польша (4.9 раза) и Малайзия (4.7 раза). Значительно понизили свой ранг Франция, Турция, Греция, Дания, Сингапур.

Произошли изменения и в рангах 50 лидирующих по научной продуктивности в области E&F организаций (табл. 2). Китайская академия наук переместилась со второго на первое место, вытеснив с него Министерство энергетики США. Российская академия наук, занимавшая в 2008 г. 5 место, опустилась на 18 позицию. Темпы роста числа публикаций РАН (в 1.8 раза) были значительно ниже, чем Общества им. Гельмгольца (5 раз), Китайской академии наук (5.8 раза), Университета Циньхуа (5.7 раза) и ряда других китайских университетов, Министерства энергетики США (5 раз).

Анализ структуры отечественной науки по областям исследований позволил установить, что направление E&F улучшило свои позиции, переместившись с 32 в 2008 г. на 19 место в 2017 г. (доля увеличилась с 1.0 до 1.6%). Отечественные пуб-

Таблица 1. Список 25 стран, лидирующих по научной продуктивности в области Energy&Fuels, 2008 и 2017 гг.

Страна	Ранг		Научная продуктивность		% от 21 238		% от 65 226	
	2008	2017	2008	2017	2008	2017	2008	2017
Мировой массив			21238	65226	100		100	
США	1	2	3671	9136	17.29		14.01	
КНР	2	1	2932	19667	13.81		30.15	
Япония	3	10	977	2094	4.60		3.21	
Индия	4	3	943	3624	4.44		5.56	
Канада	5	11	887	1956	4.18		3.00	
Германия	6	4	824	3258	3.88		5.00	
Англия	7	5	683	2995	3.22		4.59	
Франция	8	13	635	1868	2.99		2.86	
Южная Корея	9	9	624	2103	2.94		3.22	
Италия	10	6	596	2746	2.81		4.21	
Испания	11	8	578	2152	2.72		3.30	
Турция	12	20	574	949	2.70		1.46	
Россия	13	14	539	1502	2.54		2.30	
Тайвань	14	24	497	788	2.34		1.21	
Иран	15	12	480	1901	2.26		2.91	
Австралия	16	7	377	2266	1.78		3.47	
Бразилия	17	15	369	1286	1.74		1.97	
Швеция	18	18	258	1068	1.22		1.64	
Нидерланды	19	22	251	840	1.18		1.29	
Малайзия	20	16	238	1116	1.12		1.71	
Греция	21	35	237	479	1.12		0.73	
Польша	22	17	218	1068	1.03		1.64	
Швейцария	23	26	177	779	0.83		1.19	
Португалия	24	28	173	654	0.82		1.00	
Таиланд	25	33	163	504	0.77		0.77	
Дания	28	19	155	988	0.73		1.52	
Сингапур	29	21	144	846	0.68		1.30	
Норвегия	30	25	119	781	0.56		1.20	
Саудовская Аравия	42	23	64	795	0.30		1.22	

ликации по этому направлению охватывали следующие предметные категории WoS: прикладная физика (Physics Applied), переработка нефти (Oil processing), эффективность транспортировки нефти и газа (Efficiency of Oil and Gas transportation), технические проблемы нефтехимии (Engineering Petroleum Chemical).

Динамика числа российских публикаций по E&F, индексированных в WOS и RSCI-C (как с учётом всех видов документов, так и с учётом только статей и обзоров), за 2008–2017 гг. представлена на рисунке 2.

Сопоставительный анализ лидирующих организаций по областям исследований энергетиче-

ского направления, полученный по данным семи БД WoS, достаточно слабо коррелируется с аналогичным списком отечественной БД RSCI-C. По статистике WoS, РАН в течение всего рассматриваемого периода занимала лидирующие позиции по E&F в России, однако её доля в отечественной научной продукции сократилась с 50.1% в 2008 г. до 41.2% в 2017 г. Примечательно, что в 2017 г. 80% статей РАН по этой тематике опубликованы в журналах первого и второго квартилей (JCR, 2017). Это почти в 2 раза превышает значение аналогичного показателя для общероссийского массива публикаций – 42.2% [17]. Следует отметить, что один из индикаторов

Таблица 2. Десять лидирующих организаций по числу публикаций в области E&F в 2008 и 2017 гг., по данным Web of Science

Организация	Ранг		Число публикаций		% от 21238	% от 65226
	2008	2017	2008	2017	2008	2017
Мировой массив			21238	65226	100	100
Министерство энергетики (DOE). США	1	2	413	1521	1.95	2.33
Китайская академия наук (CAS)	2	1	354	2099	1.67	3.22
Центр национальных научных исследований (CNRS). Франция	3	5	304	810	1.43	1.24
Индийский институт технологии (India Institute of Technology). Индия	4	3	290	961	1.37	1.47
РАН	5	18	243	447	1.14	0.69
Университет Циньхуа (Tsinghua University). КНР	6	4	162	934	0.76	1.43
Северо-китайский энергетический университет (North China Electric Power University). КНР	7	11	160	598	0.75	0.92
Калифорнийский университет. США	8	15	158	491	0.74	0.75
Шанхайский университет Хао Тонга (Shanghai Jiao Tong University). КНР	9	13	144	508	0.68	0.78
Общество Гельмгольца. Германия	10	8	133	672	0.63	1.03
Университет нефти (China University of Petroleum). КНР	17	6	109	763	0.51	1.17
Хуа Тонг Университет (Xi an Jiao Tong University). КНР	26	7	90	746	0.42	1.14
Университет Академии наук КНР (University of Chinese Academy of Sciences). КНР	35	9	78	629	0.37	0.96
Тианджин Университет (Tianjin University). КНР	14	10	117	615	0.55	0.94

Национальной программы “Наука” – опубликование отечественными исследователями в 2024 г. до 4000 статей в журналах первого и второго квар-

тилей [18]. Наши данные подтверждают тенденцию, отмеченную в работе [19], о значительном росте вклада в общероссийскую НП националь-

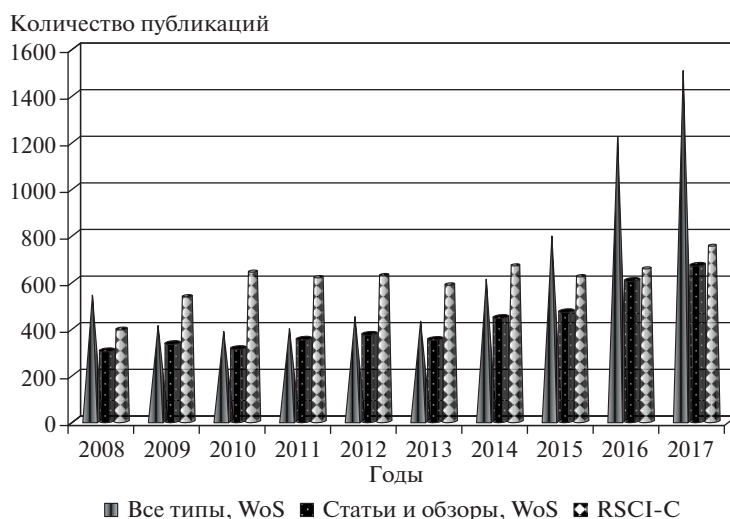


Рис. 2. Тенденции роста российских публикаций в области E&F, по данным WoS и RSCI-C, 2008–2017 гг.

ных исследовательских университетов и университетов Программы “5-100”.

Как было отмечено выше, научная продуктивность стран и организаций — это количественный признак. В качестве показателя качества научных исследований используются различные индексы цитируемости. Рост мультидисциплинарных научных исследований и появление новых научных направлений привели к разработке нормализованного комплексного показателя цитируемости, независимого от области знания и типа документов (Category Normalized Citation Impact — CNCI). Статистика по значению этого показателя для стран, организаций и предметных категорий доступна на платформе InCites [20].

Для того чтобы устранить влияние годичных изменений цитируемости, сопоставлялись два пятилетних периода: 2008–2012 гг. и 2013–2017 гг. (табл. 3, 4). Статистика и анализ различных индексов цитируемости российских публикаций по E&F свидетельствуют о незначительном росте в течение 2013–2017 гг. практически всех показателей, хотя величина комплексного нормализованного показателя CNCI России самая низкая (0.5) среди всех 25 стран (табл. 4). Этот факт, в частности, может быть связан как с низкой долей отечественных публикаций в журналах первого квартала (18.88%), так и с их низкой долей (0.27%) в топ 1% и топ 10% наиболее цитируемых статей. По мнению специалистов, высокоцитируемые статьи отражают результаты передовых научных исследований, являются ключевым фактором производства знаний, служат важным проводником достижений в пограничных областях.

МЕЖДУНАРОДНОЕ И НАЦИОНАЛЬНОЕ НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

Рост международного научного сотрудничества (МНС) — одна из особенностей глобализации. В общей научной продукции России доля МНС была стабильной и составляла около 32% в журналах, индексируемых WoS, за оба обследуемых периода. В массиве публикаций по E&F эта цифра была ниже на 10%, но наблюдалось увеличение доли МНС до 23.3% в 2013–2017 гг. по сравнению с периодом 2008–2012 гг. (14.07%). Список сотрудничающих стран по E&F за десятилетний период расширился, но он не отличался постоянством.

Многочисленные исследования показали, что международная кооперация оказывает положительное влияние на цитируемость публикаций. По-видимому, относительно низкое значение МНС России в исследуемой области обусловило невысокое значение комплексного показателя CNCI. Для сравнения — в странах Большой се-

мёрки доля МНС достигала 50% и выше. Исследование, выполненное в Китае, показало, что инициатором сотрудничества с научными учреждениями Европейского Союза в первую очередь становятся китайские учёные [21]. Как отмечается в работе [22], высшее образование, полученное в англоязычных странах, оказывает заметное влияние на выбор зарубежных партнёров для сотрудничества. Поэтому неудивительно, что самая высокая доля публикаций с международным участием — свыше 70% — у Саудовской Аравии, чьи граждане очень часто получают образование в университетах Великобритании и Соединённых Штатов.

Следует подчеркнуть, что в течение последних двадцати лет США, Германия и Франция оставались ведущими партнёрами российских учёных, доля совместных публикаций с представителями каждой из этих стран составляла 9–10% в общей НП России. Тем не менее анализ МНС в области энергетики показал, что абсолютное количество совместных публикаций с пятью ведущими экономикками мира (США, Германия, Франция, Япония и Китай) было небольшим как в 2008 г. (5–7 публикаций), так и в 2017 г. (10–20 публикаций) с каждой из этих стран.

Сотрудничество с промышленностью не является сильной стороной российской науки. Однако в 2013–2017 гг. наблюдалась слабая положительная тенденция усиления сотрудничества по сравнению с предыдущим пятилетием с 1.1% до 1.4%. Этот показатель выше, чем в целом по российской науке — 0.89% в 2013–2017 гг. Самые сильные связи с промышленностью удалось установить учёным Норвегии (около 21.1%), за ней с большим отрывом следуют Франция (7.8%) и Нидерланды (6.8%), как свидетельствуют данные InCites (см. табл. 4).

В 2013–2017 гг. по сравнению с предыдущим пятилетием замедлился рост НП мирового массива и практически всех 25 обследуемых стран по компонентному показателю ежегодного роста (CARG) с 13 до 8.2%, за исключением России и Индии (табл. 5). Причём CARG Тайваня оказался даже отрицательной величиной. Темп роста CARG МНС замедлился с 20.0% в 2008–2017 гг. до 14.1% в 2013–2017 гг. как в мировом потоке, так и практически во всех странах мира, за исключением России и Саудовской Аравии — 25.5 и 22.5% соответственно. Как уже было сказано, в области энергетики доля научного сотрудничества с США и Германией значительно ниже (2.8 и 1.4% соответственно), чем общероссийский показатель для каждой из этих двух стран (9–10% ежегодно), хотя выше по сравнению с другими странами-партнёрами.

Значение коэффициента Жаккара почти всех стран, сотрудничающих с Россией, кроме Казах-

Таблица 3. Библиометрические характеристики публикаций 25 стран, ранжированных по величине публикационной активности по направлению Energy&Fuels, InCites, 2008–2012 гг.

Страна	Число публикаций	Нормализованный импакт	Доля публикаций в топ 1%	Доля публикаций в топ 10%	Импакт цитируемости	Доля публикаций с промышленностью	Доля публикаций в журналах Q1	Доля публикаций с МНС
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мировой поток	125785	1.20	1.93	16.24	22.04	2.95	55.56	14.07
Китай	28531	0.95	1.39	13.15	18.20	3.20	59.67	13.30
США	24154	1.40	2.92	19.39	24.27	3.87	56.60	23.42
Германия	6178	1.64	3.50	20.62	21.75	5.83	55.15	34.23
Япония	6122	1.17	1.62	15.65	19.64	5.55	67.95	23.55
Великобритания	6109	1.51	2.88	21.46	27.40	4.99	48.55	38.78
Канада	5357	1.39	2.28	18.98	24.73	2.80	50.61	32.44
Индия	5054	1.07	1.25	15.43	28.67	0.89	63.51	15.75
Англия	4977	1.57	3.11	22.00	28.29	5.73	47.64	39.18
Испания	4358	1.42	1.74	20.40	32.92	2.66	61.89	31.76
Франция	4195	1.60	2.86	21.24	25.67	7.75	57.39	39.83
Южная Корея	4128	1.13	1.38	15.60	27.07	6.78	76.57	22.84
Италия	3804	1.46	2.21	19.43	26.60	2.42	61.49	29.02
Австралия	3282	1.64	3.17	22.67	29.68	2.35	58.18	40.65
Тайвань	3177	1.12	1.83	14.60	24.17	2.17	71.68	14.51
Турция	3064	1.13	1.66	16.68	29.26	2.61	39.73	14.03
Иран	2959	0.99	1.18	14.19	18.29	0.44	33.74	15.55
Бразилия	2216	0.95	0.63	12.23	20.82	3.20	58.21	22.70
Россия	2171	0.42	0.28	5.57	7.39	1.06	18.74	19.12
Нидерланды	2008	1.78	2.99	25.40	31.20	5.48	57.44	44.82
Швеция	1826	1.89	2.63	23.55	30.41	5.64	59.01	43.54
Малайзия	1501	1.51	1.87	23.25	36.53	1.13	65.35	30.71
Дания	1368	2.40	5.92	31.43	43.76	5.85	59.17	45.25
Греция	1353	1.35	2.59	19.73	33.37	1.48	51.49	28.16
Польша	1344	0.72	0.60	7.96	14.70	1.79	52.17	20.83
Норвегия	1245	2.71	5.14	29.56	24.30	22.25	46.87	35.90
Общий массив России	176022	0.61	4.91	9.40	1.00	22.54	22.54	30.65

Таблица 4. Библиометрические характеристики публикации 25 стран, ранжированных по величине публикационной активности по направлению Energy&Fuels, InCites, 2013–2017 гг.

Страна	Число публикаций	Нормализованный импакт	Доля публикаций в топ 1%	Доля публикаций в топ 10%	Импакт цитируемости	Доля публикаций с промышленностью	Доля публикаций в журналах Q1	Доля публикаций с МНС
1	2	3	4	5	6	7	3	4
Мировой поток	181422	1.23	1.99	17.92	18.16	3.36	54.59	23.29
Китай	51326	1.49	2.87	23.24	20.72	4.47	56.65	25.78
США	29927	1.42	2.99	21.36	21.27	4.39	57.45	42.76
Великобритания	10682	1.32	2.38	19.57	19.32	3.17	55.11	53.44
Индия	8977	1.08	1.21	15.06	16.75	0.91	57.18	21.83
Англия	8970	1.36	2.55	20.01	19.82	3.44	55.35	53.01
Германия	8952	1.34	2.48	19.12	19.61	5.91	60.89	47.10
Южная Корея	8472	1.28	2.04	17.78	19.28	5.29	62.76	28.32
Испания	7702	1.18	1.22	16.23	18.79	2.30	60.27	43.03
Канада	7317	1.17	1.87	16.77	17.54	3.62	50.94	46.34
Австралия	6958	1.50	2.77	22.10	21.88	2.14	58.02	57.69
Италия	6860	1.37	2.10	19.37	19.24	2.74	56.48	39.50
Япония	6563	1.25	1.92	15.42	18.72	5.93	61.70	42.31
Иран	6467	2.19	2.12	18.80	14.36	0.37	39.16	26.09
Франция	6073	1.16	1.73	16.37	17.31	7.67	56.70	52.69
Турция	3807	0.96	0.92	13.63	13.79	2.57	45.51	21.62
Тайвань	3741	1.04	1.34	12.99	16.93	2.32	59.30	25.50
Малайзия	3510	1.31	2.76	20.48	24.02	0.85	62.06	50.97
Швеция	3366	1.25	1.54	18.12	18.74	4.43	60.30	53.65
Бразилия	3350	0.91	1.60	10.51	13.10	4.87	51.67	34.60
Россия	2926	0.48	0.31	5.06	6.08	1.40	18.88	24.74
Голландия	2913	1.36	1.54	20.87	20.69	5.73	58.27	60.18
Дания	2621	1.31	1.91	21.02	19.40	5.04	54.72	53.22
Саудовская Аравия	2449	1.50	3.92	22.50	20.74	2.86	54.15	70.11
Сингапур	2273	2.26	7.26	34.49	35.95	2.60	72.59	58.51
Швейцария	1989	1.86	4.58	25.34	26.59	6.04	64.79	59.23
Норвегия	1613	1.01	0.68	12.83	13.52	21.02	42.93	53.19
Общий массив России	255814	0.83	0.87	6.55	4.78	0.97	26.54	30.23

Таблица 5. Характеристики международного научного сотрудничества в области E&F (CARG, JI дисциплинарного сходства)

Страна	CAGR 2008–2017 (%)	CAGR 2013–2017 (%)	CAGR МНС 2008–2017 (%)	CAGR МНС 2013–2017 (%)	Жаккард индекс для России	Доля МНС с Россией (%)
Мир	13	8.2	20	14.1	0.20	22.7
Китай	22.7	15.7	27.9	19.3	0.18	1.2
США	12.2	6.0	19.3	13.8	0.17	2.8
Великобритания	15.6	11.3	22.5	19.0	0.17	0.9
Индия	13.4	15.1	21.7	18.7	0.18	0.2
Германия	15.9	9.2	17.3	12.9	0.18	1.4
Южная Корея	15.1	7.0	18.1	11.6	0.17	0.3
Испания	12.0	6.0	19.0	13.2	0.16	0.6
Канада	9.4	5.7	15.5	10.9	0.19	0.1
Япония	9.3	2.8	14.9	6.9	0.18	0.8
Италия	15.1	8.5	23.4	12.5	0.18	0.7
Австралия	20.3	10.9	23.4	15.5	0.17	0.6
Франция	9.1	4.0	14.8	10.1	0.20	2.1
Иран	22.2	14.7	25.1	18.3	0.16	0.2
Турция	3.6	6.9	10.8	11.3	0.15	0.2
Тайвань	4.7	–4.2	15.6	7.6	0.15	0.3
Бразилия	12.0	9.1	17.3	13.9	0.16	0.2
Швеция	14.1	6.2	18.6	13.3	0.16	0.6
Россия	8.2	13.7	14.7	25.5	1.00	100.0
Малайзия	29.7	9.3	35.8	15.8	0.15	0.0
Нидерланды	12.5	3.2	15.8	7.0	0.18	0.7
Дания	18.2	9.3	21.9	12.5	0.15	0.4
Саудовская Аравия	30.8	21.8	38.3	22.4	0.19	0.1
Сингапур	18.3	7.5	22.4	13.6	0.14	0.2
Польша	11.2	11.8	21.7	15.9	0.17	0.2
Швейцария	16.6	10.5	21.4	15.7	0.14	0.1

стана (0.46), не превышает 0.2. Это указывает на существенную разницу в тематике исследований. Возможно, из-за различий в приоритетах совместных исследований по E&F сотрудничество России с её традиционными партнёрами США, Германией и Францией значительно ниже научного потенциала этих стран. Результаты кластерного анализа отечественных публикаций, выполненных с помощью программы аналитического инструмента SciVal, принадлежащего компании Скопус, позволили отнести эти работы к 509 кластерам топиков из 1494 выделенных на данный момент на всём массиве публикаций, индексируемых в Скопусе, в процессе кластеризации публикаций по социтированию (методику подробнее см. в [17]).

Нормализованный по областям показатель среднего цитирования публикаций FWCI, аналог показателя CNCI, составляет для России 0.97, что близко к среднемировому уровню цитирования

публикаций. Индикатор высокой активности учёных, формирующих кластер топиков, достигает в среднем 73.5%, то есть результаты российских учёных в среднем лучше почти трёх четвертей всех исследований в мире. Для подробного анализа отобраны 38 кластеров, которые обеспечивают 0.5% вклада в общее число публикаций страны. В таблице 6 приведена информация по 10 топикам-лидерам, охватывающим 62% данного массива публикаций. Показатель FWCI составляет 0.96, а процентиль высокой активности – 81.9%, что свидетельствует о выраженной сфокусированности на перспективных исследованиях. Кластер топиков TC.30 (Secondary Batteries, Electric Batteries, Lithium Alloys) входит в число самых лучших по процентилю высокой активности в мире. Кластер формируется публикациями по литиевым батареям, его название описывается тремя ключевыми словами, номер присваивается при выделении кластера. Библиометрические характеристики кластеров представлены в таблице 6.

Таблица 6. Библиометрические характеристики кластеров топликов в области E&F, 2008–2017 гг.

Кластер	Номер кластера	Публикаций	% российских публикаций в данном кластере	FWCI	Процентиль высокой активности	% от публикаций России
Катализаторы; Цеолиты; Гидрирование. Catalysts; Zeolites; Hydrogenation	ТС.7	478	0.47	0.52	99.67	7.7
Газофикация; Пиролиз. Уголь. Gasification; Pyrolysis; Coal	ТС.87	365	0.64	1.01	98.39	5.9
Сырая нефть; Асфальты; Нефтяные пески. Crude Oil; Asphaltenes; Oil Sands	ТС.629	265	1.87	0.78	65.53	4.3
Горение; Камеры сгорания; Зажигание. Combustion; Combustors; Ignition	ТС.256	248	0.86	0.64	86.75	4.0
Взрывчатые вещества; Детонация. Explosives; Propellants; Detonation	ТС.464	228	1.22	0.37	66.40	3.7
Мембраны; Опреснения; Ультрафильтрация. Membranes; Desalination; Ultrafiltration	ТС.223	159	0.44	0.35	97.72	2.6
Капли; Распыления; Струи. Drops; Atomization; Jets	ТС.1272	152	2.48	1.28	33.00	2.5
Детонация; Ударные волны; Взрывчатые вещества. Detonation; Shock Waves; Explosives	ТС.1252	151	2.64	0.56	31.73	2.4
Здания; Кондиционеры; Вентиляция. Buildings; Air Conditioning; Ventilation	ТС.176	142	0.29	2.79	95.45	2.3
Эксергии; Системы тепловых насосов; Цикл Ренкина. Exergy; Heat Pump Systems; Rankine Cycle	ТС.271	130	0.34	1.93	96.52	2.1
Протонные обменные мембранные топливные элементы; Электрокатализаторы; Электролитическое восстановление. Proton Exchange Membrane Fuel Cells (PEMFC); Electrocatalysts; Electrolytic Reduction	ТС.229	110	0.28	1.66	96.25	1.8
Интерметаллиды; Сплавы; Титановые сплавы. Intermetallics; Alloys; Titanium Alloys	ТС.401	99	0.7	0.30	65.66	1.6
Электрический аккумулятор; Электрические батареи; Литиевые сплавы. Secondary Batteries; Electric Batteries; Lithium Alloys	ТС.30	94	0.08	1.48	100.00	1.5
Твердооксидный топливный элемент; Стабилизированный иттрием диоксид циркония; Пероскиты. Solid Oxide Fuel Cells (SOFC); Ytria Stabilized Zirconia; Perovskite	ТС.316	85	0.29	1.20	91.97	1.4
Водородные хранилища; Гидриды; Дегидрирование. Hydrogen Storage; Hydrides; Dehydrogenation	ТС.607	80	0.59	1.33	69.88	1.3
Сети передачи электроэнергии; Энергия ветра; Распределение электрической энергии. Electric Power Transmission Networks; Wind Power; Electric Power Distribution	ТС.28	68	0.06	1.46	99.33	1.1

Таблица 6. Продолжение

Кластер	Номер кластера	Публикаций	% российских публикаций в данном кластере	FWCI	Процентиль высокой активности	% от публикаций России
Кипящие жидкости; Теплопередача; Двухфазный поток. Boiling Liquids; Heat Transfer; Two Phase Flow	ТС.273	61	0.19	1.17	83.60	1.0
Водохранилища (вода); нефтеотдачи; Затопление нефтяной скважины. Гидроразрыв. Reservoirs (Water); Oil Well Flooding; Hydraulic Fracturing	ТС.164	61	0.13	1.43	87.89	1.0
Асфальт; Тротуары; Асфальтовые покрытия. Asphalt; Pavements; Asphalt Pavements	ТС.389	59	0.21	0.12	82.87	1.0
Студенты; Российское; Образование. Students; Russian; Education	ТС.1114	55	0.32	3.36	70.21	0.9
Смазочные материалы; Трибологии; Смазочные масла. Lubricants; Tribology; Lubricating Oils	ТС.1061	54	0.82	0.14	35.41	0.9
Биодизель; Дизельные двигатели; Цилиндр (двигатель). Biodiesel; Diesel Engines; Engine Cylinders	ТС.165	52	0.12	0.72	93.91	0.8
Теплопередача; Число Нуссельта; Естественная конвекция. Heat Transfer; Nusselt Number; Natural Convection	ТС.142	48	0.11	1.29	95.72	0.8
Солнечная энергия; Фотоэлектрические элементы; Солнечная радиация. Solar Energy; Photovoltaic Cells. Solar Radiation	ТС.340	47	0.14	1.72	95.05	0.8
Число Рейнольдса; Пограничные слои; Метод крупных вихрей. Reynolds Number; Boundary Layers; Large Eddy Simulation	ТС.34	45	0.07	0.45	90.23	0.7
Фотокатализ; Фотокатализаторы; Солнечные батареи. Photocatalysis; Photocatalysts; Solar Cells	ТС.8	44	0.02	1.48	99.93	0.7
Снаряды (баллистика); Баллистики; Взрывчатые вещества. Projectiles; Ballistics; Explosives	ТС.800	38	0.33	0.18	38.35	0.6
Органические светоизлучающие диоды (OLED); Солнечные батареи; Сопряжённые полимеры. Organic Light Emitting Diodes (OLED); Solar Cells; Conjugated Polymers	ТС.61	37	0.04	1.42	99.47	0.6
Электричество; Энергетика; Экономика. Electricity; Energy; Economics	ТС.81	36	0.05	0.94	99.13	0.6
Бассейн; Водохранилище; Сланец. Basin; Reservoir; Shale	ТС.213	35	0.13	0.34	75.77	0.6
Графен; Углеродные нанотрубки; Нанотрубки. Graphene; Carbon Nanotubes; Nanotubes	ТС.22	35	0.03	1.31	99.87	0.6
Фазовое равновесие; Бинарные смеси; Уравнения состояния. Phase Equilibria; Binary Mixtures; Equations of State	ТС.135	35	0.13	0.42	83.47	0.6

Таблица 6. Окончание

Кластер	Номер кластера	Публикаций	% российских публикаций в данном кластере	FWCI	Процентиль высокой активности	% от публикаций России
Адсорбция; адсорбенты; Активированный уголь. Adsorption; Adsorbents; Activated Carbon	ТС.191	34	0.08	0.25	97.26	0.6
Циклонные сепараторы; Вихри; Вихревой поток. Cyclone Separators; Storms; Vortex Flow	ТС.1452	34	0.77	0.57	24.90	0.6
Разряд; Плазменные аппликации; Плазменные струи. Discharge; Plasma Applications; Plasma Jets	ТС.184	34	0.12	1.48	83.80	0.6
Капли; Гидрофобность; Краевой угол смачивания. Drops; Hydrophobicity; Contact Angle	ТС.374	34	0.12	0.68	95.25	0.6
Гидраты (газ); Гидратация. Метан Hydrates (Gas); Hydration; Methane	ТС.1103	33	0.35	0.74	62.72	0.5
Бентическая фораминифера; Планктонные фораминиферы; Палеоокеанография. Benthic Foraminifera; Planktonic Foraminifera; Paleooceanography	ТС.773	32	0.42	0.32	57.76	0.5

Представляется интересным тот факт, что согласно многоаспектному анализу мирового массива документов по энергетике, выполненному в Великобритании и США [13], нанонауки занимают ведущее место в мире среди 20 кластеров по фундаментальным исследованиям в 2013–2017 гг. В то же время среди изученного нами массива отечественных публикаций по энергетике за 2008–2017 гг. этот кластер занимает только 32 место и включает всего 35 публикаций.

Сотрудничество с промышленностью не является сильной стороной российской науки. Однако в 2013–2017 гг. наблюдалась положительная тенденция усиления сотрудничества по сравнению с предыдущим пятилетним периодом: рост с 1.1 до 1.4%. Этот показатель также выше, чем в целом по отечественной науке (0.89% в 2013–2017 гг.). В отличие от нас тесные связи науки с промышленностью установились в Норвегии (около 21.1%), за ней, по данным InCites, с большим отрывом следуют Франция (7.8%) и Нидерланды (6.8%).

Общее количество российских публикаций по E&F, индексированных в RSCI-C, составило 6300 записей. Вклад сектора высшего образования оказался доминирующим (около 65.3%) среди организаций, индексированных RSCI-C в 2017 г. По данным этой БД, ведущей организацией оказался Государственный университет нефти

и газа им. И.В. Губкина (доля – 4.8%). Научная продуктивность МГУ им. М.В. Ломоносова в этой области низкая (около 1%), в то время как в целом по НП университет занимает второе место (4.5%) среди всех российских организаций, индексированных в WoS в течение последних 20 лет, после институтов РАН. Мы предполагаем, что исследователи из институтов РАН, как и из МГУ, предпочли публиковаться в журналах, индексируемых только в WOS. Этому частично способствовала политика Министерства науки и высшего образования РФ, стимулирующая организации и учёных публиковать свои результаты в журналах первого и второго квартилей (Q1 и Q2), по данным Journal Citation Reports.

* * *

Библиометрический анализ отечественных фундаментальных исследований в области энергетики (Energy&Fuels) на массиве более 405 000 публикаций мирового потока за 2008–2017 гг. позволил установить наше отставание по скорости роста от роста мирового массива (2 раза против 3.1). Однако в период с 2013 по 2017 гг. темп роста НП России превышал мировые показатели. Примечательно, что 80% статей РАН в сфере Energy&Fuels в 2017 г. вышли в журналах первого и второго квартилей,

что свидетельствует о высоком качестве проводимых у нас в стране исследований.

В то же время международное научное сотрудничество российских специалистов в этой области менее интенсивно (на 10%), чем в среднем по науке России (32%). Неблагоприятной тенденцией можно считать очень малое количество публикаций по E&F в коллаборации с традиционными российскими партнёрами – Германией, США и Францией. На основании Jassard индекса (не превышает 0.2) выявлено значительное расхождение в направлении исследований по энергетическим проблемам почти всех стран, сотрудничающих с Россией, кроме Казахстана (0.46).

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Статья подготовлена в рамках государственного задания № 0003-2019-0001 “Наукометрический и библиометрический анализ научных направлений и инновационных технологий, включая модели международного и российского сотрудничества” и при финансовой поддержке РФФИ (проекты 17-02-00157 и 17-02-00078).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Radoceovich R., Yoruk L.* Are there global shifts in the world science base? Analysing the catching up and falling behind of world Regions // *Scientometrics*. 2014. V. 101. № 2. P. 1897–1924. <https://doi.org/10.1007/s11192-014-1344-1>
2. *Karaulova M., Abdullah G., Shackleton O., Shapira P.* Science System Pass-Dependencies and Their Influences: Nanotechnology Research in Russia // *Scientometrics*. 2016. V. 100. № 3. P. 365–383. <https://doi.org/10.1007/s11192-016-1916-3>
3. *Mokhnacheva Yu.V., Tsvetkova V.A.* Russia in the Global Array of Scientific Publications // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. V. 89. № 4. P. 820–830; *Мохначева Ю.В., Цветкова В.А.* Россия в мировом массиве научных публикаций // *Вестник РАН*. 2019. № 8. С. 820–830.
4. *Гиляревский Р.С., Либкинд А.Н., Маркусова В.А.* Динамика публикационной активности России в 1993–2017 гг. по данным Web of Science // *НТИ*. Сер. 2. 2019. № 3. С. 1–13; *Gilyarevskii R., Libkind A., Markusova V.* Dynamics of Russian publications activity 1993–2017 based on Web of Science data // *Automatic Documentation and Mathematical Linguistics*. 2019. V. 53. № 2. P. 51–63.
5. *Muller R., de Rijcke S.* Exploring the epistemic impacts of academic performance indicators in the life sciences // *Research Evaluation*. 2017. V. 26(3). P. 157–168.
6. *Moed H., Markusova V., Akoev M.* Trends in Russian research output indexed in Scopus and Web of Science // *Scientometrics*. 2018. V. 118. № 2. P. 1153–1180. <https://doi.org/10.1007/s11192-018-2769-8>
7. *Миндели Л.Э., Остапюк С.Ф., Фетисов В.П.* Об организации долгосрочного прогнозирования фундаментальных и поисковых научных исследований // *Экономика и математические методы*. 2019. Т. 55. № 1. С. 56–67.
8. <https://carnegieendowment.org/experts/1057> (дата обращения 22.05.2019).
9. *Tekingunduz A.* How oil prices impact Russia’s economy. <https://www.trtworld.com/europe/how-oil-prices-impact-russia-s-economy-22067> (дата обращения 25.05.2019).
10. <https://science.osti.gov/bes/efrc/> (дата обращения 11.10.2019).
11. *Smith A.M., Lai S.Yu., Bea-Taylor J., Hill R.B.M., Kleinhenz N.* Collaboration and change in the research networks of five Energy Frontier Research Centers // *Research Evaluation*. 2016. № 4. P. 472–485.
12. <https://science.osti.gov/bes/efrc/History> (дата обращения 23.10.2019).
13. *Wang Z., Porter A., Kwon S., Youtie J., Shapira P.* Updating a search strategy to track emerging nanotechnologies // *Journal of Nanoparticle Research*. 2019. V. 21. № 9. <https://doi.org/10.1007/s11051-019-4627-8>
14. *Glänzel W.* Bibliometrics as a research field: A course on theory and application of bibliometric indicators. http://nsdl.niscair.res.in/jspui/bitstream/123456789/968/1/Bib_Module_KUL.pdf
15. *Pislyakov V., Moskaleva O., Akoev M.* Cui Prodest? Reciprocity of collaboration measured by Russian Index of Science Citation // *Proceedings of ISSI 2019. The 17th international conference on scientometrics and informetrics*. Italy: Sapienza University of Rome. P. 185–195.
16. *Kosub S.* A note on the triangle inequality for the jaccard distance // *Pattern Recognition Letters*. 2019. V. 120. P. 36–38.
17. *Klavans R., Boyack K.W.* Research portfolio analysis and topic prominence // *Journal of Informetrics*. 2017. V. 11. №. 4. P. 1158–1174.
18. <http://static.government.ru/media/files/UraNEEbOnbjocoMLPOnnJZx4OT20Siei.pdf> (дата обращения 15.07.2019).
19. *Ivanov V.V., Markusova V.A., Mindeli L.E.* Government investments and the publishing activity of higher educational institutions: Bibliometric analysis // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2016. V. 86. № 4. P. 314–321; *Иванов В.В., Маркусова В.А., Миндели Л.Э.* Государственные инвестиции и публикационная активность вузов: библиометрический анализ // *Вестник РАН*. 2016. № 7. С. 611–619.
20. <http://help.incites.clarivate.com/inCites2Live/indicatorsGroup/aboutHandbook/usingCitationIndicatorsWisely/normalizedCitationImpact.html> (дата обращения 05.07.2019).
21. *Wang L.L., Wang X.W.* Who sets up the bridge? Tracking scientific collaborations between China and the European Union // *Research Evaluation*. 2017. V. 26 (2). P. 124–131.
22. *Confraria H., Blanckenberg J., Swart C.* The characteristics of highly cited researchers in Africa. P. 35 // *Research Evaluation*. 2018. V. 27. № 3. P. 222–237.