

Сравнительный межстрановой анализ уровня развития научной и инновационной деятельности

Прогрессивное экономическое развитие стран в современном мире основано на соответствующем развитии научной и инновационной деятельности. В работе проведен анализ основных показателей, характеризующих состояние научного потенциала и показателей, отражающих результативность научной деятельности по 43-м странам мира, включая Россию и Китай. Выявлены взаимосвязи показателей и построены регрессионные уравнения, описывающие имеющиеся зависимости. На основе полученных моделей даны оценки результатов научной деятельности по двум странам: России и Китая. Оценки сопоставлены с фактическими уровнями показателей и сделаны выводы об эффективности использования имеющихся научных ресурсов.

Цель исследования. Целью исследования являлось определение однородных групп регионов, схожих по своим экономическим и инновационным показателям, статистический анализ этих групп на основе непараметрических методов и методов корреляционно-регрессионного анализа, формирование выводов и рекомендаций, касающихся их инновационной деятельности.

Материалы и методы. В исследовании использовались следующие статистические методы: непараметрические, корреляционно-регрессионные, многомерные классификации (кластерный анализ), дискриминантный анализ, описательные статистики (средние, структурные средние, показатели вариации и др.). В работе использовались статистические данные Всемирного банка, OECD, Росстата. Расчеты проводились в пакете прикладных программ STATISTICA 12.0.

Результаты. В работе проведена классификация стран по уровню научного потенциала и научных результативности. Определена кластерная принадлежность России. Поиск круга стран, имеющих с Россией сходные условия научного потенциала для дальнейшего использования опыта этих стран — одна из целей работы. В результате проведенного анализа можно отметить, что изобретательская активность населения России достаточно высока, в то же время крайне слабо используется научный потенциал в отношении научных публикаций. В Китае можно отметить высокие значения уровня изобретательской активности и средней цитируемости научных публикаций. Показатель числа выданных патентов, рассматриваемый по всей совокупности, имеет тесную линейную связь с ВВП на душу населения и тесную нелинейную

связь с внутренними затратами на исследования и разработки в процентах к ВВП и численностью персонала, занятого исследованиями и разработками, в расчете на 10000 занятых в экономике. В разбивке по кластерным группам перечисленные зависимости не обнаружены у развитых стран, вошедших в первый кластер, но подтвердились для остальных стран.

Заключение. Анализ изобретательской активности населения России показал, что при существующем научном потенциале стране удалось достигнуть в этой области гораздо лучших результатов, чем это могло быть исходя из значений среднедушевого ВВП, затрат на исследования и разработки, численности персонала и др. (превышение по разным моделям приблизительно в 1,4 – 2,7 раз). В целом по совокупности стран показатель цитируемости имеет достаточную связь с показателем ВВП на душу населения и численностью персонала, занимающегося исследованиями и разработками, но на нее не оказывает значимого влияния объем внутренних затрат в расчете на одного исследователя и доля внутренних затрат в процентах к ВВП. Опыт Китая подтверждает данный вывод: при невысоком значении затрат на одного исследователя стране удалось достигнуть высоких результатов в инновационной области, но данное явление может объясняться существованием определенного лага между развитием показателей. Отдельно по кластерным группам, разбивающим всю совокупность стран на высокоразвитые, слабо развитые и страны, занимающие промежуточное положение, связь показателя цитируемости с другими показателями не обнаружена.

Данная работа ориентирована, в первую очередь, на специалистов, занимающихся проблемами развития науки, в частности российской. Установленные связи между показателями, характеризующими уровень научного потенциала и научных результативности, описанные с помощью линейных и нелинейных моделей, помогут практикам, решающим вопросы организации и финансирования науки, найти лучшие пути решения возникающих проблем.

Ключевые слова: научный потенциал, научные результаты, патентная активность, анализ цитируемости публикаций, зависимость экономических и научных показателей.

Vladimir P. Zavarukhin¹, Tatiana I. Chinaeva^{1,2}, Elvira Yu. Churilova^{1,2}

¹ Institute for the Study of Science of Russian Academy of Sciences, (ISS RAS), Moscow, Russia

² Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

Comparative Cross-Country Analysis of the Development Level of Scientific and Innovative Activity

The progressive economic development of countries in the modern world is based on the corresponding development of scientific and innovative activities. The paper analyzes the main indexes characterizing the state of scientific potential and indexes reflecting the effectiveness of scientific activity in 43 countries of the world,

including Russia and China. Interrelations of indexes are revealed and regression equations describing the existing dependencies are constructed. Based on the obtained models, the results of scientific activity are estimated for two countries: Russia and China. The estimates are compared with the actual levels of indexes and

conclusions are drawn about the effectiveness of the use of available scientific resources.

Purpose of the study. The aim of the study was to identify homogeneous groups of regions that are similar in their economic and innovative indexes, statistical analysis of these groups based on non-parametric methods and methods of correlation and regression analysis, and the formation of conclusions and recommendations regarding their innovative activities.

Materials and methods. The following statistical methods were used in the study: non-parametric, correlation-regression, multivariate classifications (cluster analysis), discriminant analysis, descriptive statistics (averages, structural averages, variation indexes, etc.). The work used the statistical data of the World Bank, OECD, Rosstat. The calculations were carried out using the STATISTICA 12.0 software package.

Results. The paper classifies countries according to the level of scientific potential and scientific performance. The cluster affiliation of Russia is determined. The search for a circle of countries that have similar conditions of scientific potential with Russia for further use of the experience of these countries is one of the goals of the paper. As a result of the analysis, it can be noted that the inventive activity of the Russian population is quite high, at the same time, the scientific potential in relation to scientific publications is used extremely poorly. In China, high levels of inventive activity and average citation of scientific publications can be noted. The number of patents granted, taken as a whole, has a strong linear relationship with GDP per capita and a strong non-linear relationship with domestic spending on research and development as a percentage of GDP and the number of people employed in research and development per 10,000 employed in the economy. By cluster groups, the listed dependencies were not

found in the developed countries included in the first cluster, but were confirmed for the other of the countries.

Conclusion. An analysis of the inventive activity of the Russian population showed that, with the existing scientific potential, the country managed to achieve much better results in this area than it could be based on the values of per capita GDP, research and development costs, the number of personnel, etc. (the excess according to different models is approximately 1.4 - 2.7 times). In general, for the totality of countries, the citation rate has a sufficient relationship with GDP per capita and the number of staff involved in research and development, but the volume of internal costs per researcher and the share of internal costs as a percentage of GDP do not significantly affect it. The experience of China confirms this conclusion: with a low cost per researcher, the country managed to achieve high results in the innovation field, but this phenomenon can be explained by the existence of a certain lag between the development of indexes. Separately, for cluster groups that divide the entire set of countries into highly developed, underdeveloped and countries occupying an intermediate position, no relationship was found between the citation index and other indexes.

This paper is focused, first, on specialists dealing with the problems of the development of science, in particular Russian. The established relationships between indexes characterizing the level of scientific potential and scientific performance, described using linear and non-linear models, will help practitioners who decide on the organization and financing of science to find the best ways to solve emerging problems.

Keywords: scientific potential, scientific results, patent activity, analysis of citations of publications, dependence of economic and scientific indexes.

Введение

В современном мире, направленном на глобализацию, развитие национальных экономик стран теснейшим образом связано с развитием науки и внедрением инноваций. На важность инновационного роста указывают многие исследователи [1, 2]. Успешность экономических преобразований, быстрота выхода из кризиса, в котором оказались страны всего мира из-за пандемии COVID-19, во многом зависит от эффективности инновационной политики государства. Исследования, направленные на анализ научного потенциала стран, в настоящее время приобретают особую актуальность и практическую востребованность как в России, так и за рубежом [3]. Поиск взаимосвязей научных и социально-экономических показателей, построение моделей зависимостей должны заканчиваться созданием конкретных рекомендаций по структуре, организации и финансированию научных подразделений страны [4, 5]. Целью представленной работы является проведение сравни-

тельного межстранового анализа уровня развития научной и инновационной деятельности.

Исходными для анализа выступили данные по среднему душевому ВВП, внутренним затратам на исследования и разработки (в том числе в процентах к ВВП), численности персонала, занятого исследованиями и разработками (в том числе численности исследователей), числу патентных заявок на изобретения, средней цитируемости одной публикации страны. Для анализа также использовались два субиндекса мирового инновационного индекса, ранжирующего страны мира в зависимости от уровня их научного потенциала и научных достижений. В таблице 1 приводится перечень показателей, использованных для анализа, с указанием имен переменных, используемых в модели, и источников информации.

Для исследования была отобрана сорок одна страна мира, характеризующаяся высоким уровнем развития науки (табл. 2). При отборе не рас-

считывались страны, только вступающие на путь развития науки и научной сферы.

В процессе исследования решены следующие задачи:

- дана статистическая характеристика основным показателям, характеризующим научную деятельность стран, установлена их связь с другими показателями, участвующими в анализе;

- построены регрессионные модели зависимостей результатов научной деятельности;

- построены прогнозные оценки показателей, описывающих результаты научной деятельности в России и Китае; полученные оценки сопоставлены с фактическими значениями, на основе этого сделаны выводы об эффективности использования научного потенциала;

- проведена классификация стран на основе методов кластерного анализа, в результате получены однородные по своему научному потенциалу группы; дана статистическая характеристика полученным кластерам;

- определена кластерная принадлежность России; сде-

Названия, сокращения и источники информации показателей
Names, abbreviations and sources of information for indexes

Показатель	Сокращение, используемое в исследовании	Источник информации
GDP per capita, PPP 2018 (constant 2017 international \$)	GDP	По данным Всемирного банка [6]
Внутренние затраты на исследования и разработки (млн долл. США по ППС) 2018	RD	По данным Росстата [7] https://rosstat.gov.ru
Внутренние затраты на исследования и разработки в процентах к ВВП в 2018	RDperGDP	По данным Росстата [7] https://rosstat.gov.ru
Численность персонала, занятого исследованиями и разработками, в расчете на 10000 занятых в экономике: 2018 (в эквиваленте полной занятости)	Staffper10,000	Показатели развития российской и мировой науки: сравнительный анализ. [8]
Число исследователей, занятых исследованиями и разработками: 2018 (человеко-лет; в эквиваленте полной занятости)	Researchers	По данным Росстата [7]
Внутренние затраты на исследования и разработки в расчете на одного исследователя (тыс. долл. США)	RDper researcher	По данным Росстата [7]
Число патентных заявок на изобретения, поданных национальными заявителями в стране и за рубежом в расчете на 1 млн. чел. населения в 2018 году	Patents	По данным Росстата [7]
Средняя цитируемость одной публикации страны: InCites, 2015–2019	CIT	Показатели развития российской науки и мирового научного сообщества [8].
Innovation Input Sub-Index 2020 rankings (основан на данных 2018 г.)	InputIn	The Global Innovation Index [9].
Innovation Output Sub-Index 2020 rankings (основан на данных 2018 г.)	OutputIn	The Global Innovation Index [9].

ланы выводы и даны рекомендации.

Основная практическая ценность работы заключается в том, что на основе кластерного и дискриминантного анализа найден круг стран, имеющих с Россией сходные условия состояния и развития научного потенциала, опыт этих стран рекомендован для дальнейшего изучения специалистами, занимающимся проблемами развития российской науки, политикам и общественным деятелям. Установленные связи научного потенциала и научных результатов, построенные регрессионные модели помогут практикам, решающим вопросы организации и финансирования науки, скорректировать свои действия по определению дальнейших путей развития науки в России.

Материалы и методы

В работе использовались статистические методы: непараметрические, корреляционно-регрессионные, мно-

гомерные классификации, описательные статистики.

Проверка гипотезы о статистической значимости различий значений показателя внутренних затрат на исследования и разработки в процентах к ВВП в 2018 г по сравнению с 2010 г осуществлялась непараметрическим методом по Wilcoxon test.

Корреляционный анализ состоял из расчета линейных коэффициентов корреляции Пирсона и коэффициентов ранговой корреляции Спирмена, значимость которых проверялась на основе *t*-критерия Стьюдента при уровне значимости 0,05.

Регрессионный анализ сохранил построение линейных и нелинейных моделей зависимостей, значимость которых проверялась по *F*-критерию Фишера, регрессионных коэффициентов – по *t*-критерию Стьюдента, использовался уровень значимости 0,05. Прогнозные значения сопровождались 95%-ми доверительными интервалами. В качестве одних

из основных характеристик моделей выступали скорректированное значение коэффициента детерминации и средняя ошибка аппроксимации.

Показатели и регрессионные остатки проверялись на их соответствие нормальному закону распределения по критерию Shapiro-Wilk's test.

Кластерный анализ проводился методом *k*-средних на стандартизированных данных, в качестве начальных кластерных центров брались наблюдения на постоянных интервалах take observations at constant intervals. Качество разбиения проверялось на основе дисперсионного анализа, при этом выдвигалась гипотеза о равенстве дисперсий между кластерами и внутри их. В качестве расстояния между наблюдениями рассматривалось евклидово расстояние.

Дискриминантный анализ проводился стандартным методом классификации, качество полученных дискриминантных функций проверялось по статистике Wilks' Lambda,

Значения показателей по странам
Values of indexes by country

Country	GDP	RD	RD per GDP	Staff per 10,000	Researchers	RD per researcher	Patents	CIT	Input In	Output In
China	15243	468062,3	2,14	56	1866109	250,82	1048,5	8,42	55,51	51,04
Russian Federation	26656	41505,1	0,98	105	400663	103,59	206,4	5,23	46,64	24,62
<i>Данные по странам, по которым строились регрессионные модели и определялись коэффициенты связи</i>										
Australia	49152	22555,2	1,79	132	100414	224,62	490,8	10,21	62,86	33,85
Austria	55298	15785,6	3,14	180	52554	300,37	1647,1	10,80	61,15	39,10
Belgium	51111	15991,8	2,36	183	62606	255,44	1276,9	11,36	59,62	38,64
Brazil	14668	41121	1,26	32	179989	228,46	32,7	6,35	42,94	20,94
Canada	48797	29003,3	1,56	122	158890	182,54	660,6	9,93	64,84	39,68
Chile	25029	1621,3	0,35	19	9205	176,13	50,5	8,47	46,97	20,74
Czech Republic	39933	8286,9	1,93	138	42500	194,99	211,8	8,19	54,74	41,95
Denmark	56281	10054,2	3,03	218	42378	237,25	2310,6	12,18	66,77	48,30
Estonia	35208	675,0	1,40	96	4992	135,22	204,2	13,79	56,11	40,45
Finland	48130	7504,1	2,76	192	39984	187,68	2098,1	10,74	65,57	48,47
France	45252	68440,9	2,19	161	314101	217,89	1032,5	10,01	61,43	45,89
Germany	53463	141299,9	3,13	158	449043	314,67	2172,2	10,16	62,71	50,39
Greece	29151	3843,8	1,18	121	40084	95,89	105,9	9,99	48,04	25,54
Hungary	31096	4733,5	1,53	117	39295	120,46	137,1	9,37	49,25	33,80
Iceland	56722	415,8	2,04	155	2050	202,83	796,7	14,94	57,27	41,18
India	6519	68238,4	0,65	14	341818	199,63	22,2	6,71	43,51	27,66
Ireland	84303	4100,1	1,00	165	25906	158,27	1301,3	11,11	59,72	46,38
Israel	39418	17669,9	4,94	206	41853	422,19	1742,9	9,95	61,36	45,73
Italy	42053	36892,8	1,43	136	160623	229,69	534,4	9,87	52,41	39,06
Japan	41182	171293,6	3,28	131	678134	252,60	3638,5	7,56	63,59	41,80
Korea, Rep.	41948	98451,3	4,53	188	408370	241,08	4496,0	7,87	64,83	47,40
Latvia	30036	378,5	0,64	65	3632	104,21	90,8	9,70	49,60	32,63
Lithuania	35427	945,4	0,94	87	9584	98,64	82,1	7,54	49,38	28,98
Luxembourg	113590	860,0	1,21	125	3158	272,32	5261,9	13,52	57,23	44,45
Malaysia	27558	12425,1	1,44	59	73537	168,96	65,3	8,66	52,23	32,61
Mexico	19928	8053,9	0,31	17	38882	207,14	21,4	6,44	42,40	24,80
Netherlands	56061	21463,1	2,16	169	99096	216,59	2120,8	12,05	64,45	53,08
New Zealand	42866	2679,2	1,26	141	26000	103,05	627,8	9,29	60,95	33,06
Norway	64341	7405,8	2,06	167	36595	202,37	1226,1	10,06	62,67	35,91
Poland	31674	14622	1,21	99	120759	121,08	177,9	6,98	49,09	30,81
Portugal	34041	4786,5	1,36	118	50431	94,91	160,1	9,32	52,52	34,50
Singapore	98223	10530,5	1,84	121	39272	268,14	1315,0	13,58	70,20	43,02
Slovak Republic	31133	1486,9	0,84	84	16977	87,58	102,8	7,94	46,54	32,86
Slovenia	37968	1567,9	1,95	154	10502	149,30	355,9	8,63	54,09	31,73
South Africa	12628	5793,1	0,80	27	27656	209,47	32,2	7,98	44,85	20,48
Spain	40313	23552,9	1,24	114	143974	163,59	219,9	9,43	54,85	36,35
Sweden	52349	18162,4	3,32	181	77509	234,33	2488,4	11,16	69,19	55,75
Switzerland	70663	18688,5	3,37	163	46088	405,50	5480,3	13,06	69,42	62,75
Turkey	28313	23966,3	1,03	61	126249	189,83	113,7	5,32	44,36	25,44
United Kingdom	46038	53952,6	1,73	143	317472	169,94	846,0	10,15	65,97	53,59
United States	61586	581553,0	2,83	91	1434415	405,43	1577,1	9,72	68,84	52,28

расстояния между группами и наблюдениями оценивались по расстоянию Махаланобиса.

В работе использовались статистические данные Всемирного банка, OECD, Росстата.

Расчеты проводились в пакете прикладных программ STATISTICA 12.0.

Результаты

Статистические характеристики исследуемой совокупности стран представлены в таблице 3. Наибольшую вариацию по рассматриваемым странам имеет показатель внутренних затрат на исследования и разработки (около 245%). При этом его минимальное значение составило 378,5 млн. долл. (у Латвии), а максимальное – 581553 млн. долл. (у США), в среднем по совокупности – 38557,4 млн. долл. Показатель не имеет нормального закона распределения по критерию Shapiro-Wilk's (характеристики расчетов представлены в таблице 5). У 50% стран сумма внутренних затрат на исследования и разработки не превышает 12425,1 млн. долл. Если сравнивать с этими цифрами Россию, то при отечественном значении показателя равном 41505,1 млн. долл., ее можно отнести к среднему уровню финансирования. Прямо противоположны в этом смысле данные по Китаю: внутренние затраты на исследования и разработки составляют 468062,3 млн. долл., что превышает среднее значение по совокупности более, чем в 12 раз. По этому показателю Китай уступает в мире только США, обгоняя такие страны, как Германия и Япония.

Однако, стоит учесть, что размер внутренних затрат на исследования и разработки в некоторой степени зависит от размера страны по демографическим, территориальным и экономическим признакам. Поэтому целесообразно сопоставить страны по такому по-

Статистические характеристики показателей

Statistical characteristics of indexes

Variable	Descriptive Statistics				
	Mean	Median	Minimum	Maximum	Coefficient of variation, %
GDP	44620,7	41948,3	6518,8	113590,0	47,1
RD	38557,4	12425,1	378,5	581553,0	244,9
RDperGDP	1,90	1,56	0,31	4,94	56,7
Staffper10000	123	131	14	218	43,8
Researchers	143819	46088	2050	1434415	175,5
RDperresearcher	206,11	202,42	87,58	422,19	39,6
Patents	1154,4	627,8	21,4	5480,0	123,0
CIT	9,80	9,87	5,32	14,94	22,3
InputIn	56,9	57,3	42,4	70,0	14,6
OutputIn	38,6	39,06	20,480	63	26,5

казателю, как размер внутренних затрат на исследования и разработки в расчете на одного исследователя, взятые по паритету покупательной способности национальных валют (количество исследователей при этом бралось в единицах человеко-лет в пересчете на полную занятость). Тогда по рассматриваемым странам наибольшее значение имеет Израиль (422,19 тыс. долл.), наименьшее – Slovak Republic (87,58), среднее значение по совокупности составило 206,11 тыс. долл. США. Проверка показателя на нормальный закон распределения по критерию Shapiro-Wilk's позволила отвергнуть гипотезу о нормальности распределения с вероятностью 0,01 (табл. 5). У половины стран размер показателя не превышает 202,42 (т.е. приблизительно равно среднему значению). Что касается, России, то ее значение в 2 раза ниже среднего уровня (103,59). Низкое финансирование исследований – одна из причин отставания страны в научном плане от развитых государств мира. Китай, в свою очередь, демонстрирует значение показателя, ненамного превышающее средний уровень (250,82), невзирая на огромные абсолютные затраты в целом по стране. Среди лидеров затрат на одного исследова-

вателя можно назвать Швейцарию (405,5), США (405,43), Германию (314,67), Австрию (300,37). Рейтинг стран по размеру затрат на одного исследователя представлен в таблице 4. Россия в этом рейтинге находится на 38 месте (из 43 возможных мест), Китай – на 10-м.

Еще одним относительным показателем, характеризующим научный потенциал страны, точнее – ее человеческий научный потенциал, является численность персонала, занятого исследованиями и разработками, в расчете на 10000 занятых в экономике (в эквиваленте полной занятости). Среднее значение по странам равно 123 человека, минимальное значение наблюдалось у Индии (14), максимальное – у Дании (218). Гипотеза о нормальном законе распределения по критерию Shapiro-Wilk's не отвергается с вероятностью 0,05 (табл. 5). Медианное значение составило 131 человек, т.е. у половины рассматриваемых стран численность персонала, занятого исследованиями и разработками, не превышает 131 человек на 10000 занятых в экономике. В России таких исследователей гораздо меньше – 105 человек, и это объясняется как низкой престижностью научной деятельности в стране со стороны населения, так и недостатком внимания к науке

Таблица 4 (Table 4)

Рейтинг стран по величине внутренних затрат на исследования и разработки в расчете на одного исследователя, тыс. долл. США в расчете по ППС

Ranking of countries by the value of domestic expenditures on research and development per researcher, thousand USD in Purchasing Power Parity (PPP) terms

Country	Место рейтинга	Внутренние затраты на исследования и разработки в расчете на одного исследователя, тыс. долл. США в расчете по паритету покупательной способности национальных валют
Israel	1	422,19
Switzerland	2	405,50
United States	3	405,43
Germany	4	314,67
Austria	5	300,37
Luxembourg	6	272,32
Singapore	7	268,14
Belgium	8	255,44
Japan	9	252,60
China	10	250,82
Korea, Rep.	11	241,08
Denmark	12	237,25
Sweden	13	234,33
Italy	14	229,69
Brazil	15	228,46
Australia	16	224,62
France	17	217,89
Netherlands	18	216,59
South Africa	19	209,47
Mexico	20	207,14
Iceland	21	202,83
Norway	22	202,37
India	23	199,63
Czech Republic	24	194,99
Turkey	25	189,83
Finland	26	187,68
Canada	27	182,54
Chile	28	176,13
United Kingdom	29	169,94
Malaysia	30	168,96
Spain	31	163,59
Ireland	32	158,27
Slovenia	33	149,30
Estonia	34	135,22
Poland	35	121,08
Hungary	36	120,46
Latvia	37	104,21
Russian Federation	38	103,59
New Zealand	39	103,05
Lithuania	40	98,64
Greece	41	95,89
Portugal	42	94,91
Slovak Republic	43	87,58

со стороны государства, выражающееся в первую очередь в слабом финансировании. Если рассматривать Китай, то численность такого персонала составляет 56 человек на 10000 занятых в экономике. По сравнению с остальными странами значение небольшое, но если учесть огромную численность населения Китая и тот факт, что зависимость между численностью персонала, занятого исследованиями и разработками, и численностью населения страны нелинейная, то сделать однозначный вывод в данном случае нельзя. Лидерами по численности персонала, занятого исследованиями и разработками в расчете на 10000 занятых в экономике являются Дания (1-е место – 218), Израиль (2-е место – 206), респ. Корея (3-е место – 188).

По мнению авторов работы [10] при решении проблемы низкого числа исследователей в России важно создать условия для эффективного инновационного образования молодых людей, которое будет способствовать развитию их творческих инновационных способностей. В некоторых исследованиях высказывается мнение, что отсутствует прямая связь между инвестициями в человеческий капитал и экономическим ростом [11]. Однако, в работе [12] показано, что эту связь можно заметить при анализе временных рядов, смещенных на определенный лаг для обнаружения корреляции, при этом, чем экономически беднее страна, тем ярче проявляется данная тенденция.

Показатель внутренних затрат на исследования и разработки в процентах к ВВП считается одним из основных показателей, характеризующих финансирование науки в стране. Гипотеза о нормальном законе распределения показателя по критерию Shapiro-Wilk's не отвергается с вероятностью 0,05 (табл. 5). В 2018 году самое высокое значение наблюда-

лось у Израиля – почти 5% от ВВП приходилось на затраты на исследования и разработки; наименьшее – у Мексики – 0,31%. Россия имеет значение немногим меньше процента (0,98), Китай – 2,14%. Средняя доля внутренних затрат на исследования и разработки в ВВП по совокупности составила 1,9%. У половины рассматриваемых стран значения показателя были менее 1,56%. Высокие доли затрат на исследования и разработки в ВВП (выше 3%) имеют Австрия, Дания, Германия, Япония, Швеция, Швейцария. Линейный коэффициент корреляции между размером среднедушевого ВВП и долей затрат на исследования и разработки в ВВП имеет значение 0,3 (табл. 6), ранговый коэффициент корреляции Спирмена – 0,6 (табл. 7), что говорит о существовании прямой нелинейной зависимости средней степени связи и практическом отсутствии линейной зависимости.

В ходе исследования была проверена гипотеза об изменении значений показателя внутренних затрат на исследования и разработки в процентах к ВВП в 2018 году по сравнению с 2010 годом по рассматриваемым странам. Для этого использовался Wilcoxon test. По результатам теста можно сделать вывод, что за этот период произошли статистически значимые различия (уровень значимости различий $p = 0,011757$; $T = 139,5$; $Z = 2,519364$), причем экономически развитые страны этот процент увеличили, а бедные страны – снизили, в целом по совокупности показатель увеличился на 0,08%.

В качестве одного из показателей, описывающих результат научной деятельности, можно рассматривать среднюю цитируемость одной публикации: InCites. Показатель InCites основывается на базе данных Web of Science Core Collection, он измеряет научную деятель-

Таблица 5 (Table 5)

Результаты проверки показателей на нормальный закон распределения по Shapiro-Wilk's W test *
The results of checking indexes for the normal distribution law according to Shapiro-Wilk's W test *

Variable	Tests of Normality	
	W	p
GDP	0,921930	0,007867
RD	0,391910	0,000000
RDperGDP	0,925949	0,010621
Staffper10000	0,955061	0,105464
Researchers	0,543354	0,000000
RDperresearcher	0,922768	0,008372
Patents	0,769966	0,000001
CIT	0,977683	0,588710
InputIn	0,947641	0,057847
OutputIn	0,984171	0,828467

* Для выделенных курсивом переменных гипотеза о нормальном законе распределения по критерию Shapiro-Wilk была отвергнута.

* For italicized variables, the Shapiro-Wilk hypothesis of a normal distribution was rejected.

Таблица 6 (Table 6)

Корреляционная матрица*
Correlation matrix*

Variable	Линейные коэффициенты корреляции Пирсона									
	GDP	RD	RDperGDP	Staffper10000	Researchers	RDperresearcher	Patents	CIT	InputIn	OutputIn
GDP	1,000	0,091	0,307	0,560	0,030	0,400	0,635	0,722	0,692	0,641
RD	0,091	1,000	0,293	-0,046	0,973	0,481	0,185	-0,095	0,300	0,294
RDperGDP	0,307	0,293	1,000	0,754	0,308	0,689	0,660	0,290	0,716	0,694
Staffper10000	0,560	-0,046	0,754	1,000	-0,048	0,323	0,542	0,557	0,770	0,734
Researchers	0,030	0,973	0,308	-0,048	1,000	0,443	0,204	-0,175	0,294	0,293
RDperresearcher	0,400	0,481	0,689	0,323	0,443	1,000	0,611	0,276	0,523	0,542
Patents	0,635	0,185	0,660	0,542	0,204	0,611	1,000	0,424	0,639	0,705
CIT	0,722	-0,095	0,290	0,557	-0,175	0,276	0,424	1,000	0,623	0,615
InputIn	0,692	0,300	0,716	0,770	0,294	0,523	0,639	0,623	1,000	0,867
OutputIn	0,641	0,294	0,694	0,734	0,293	0,542	0,705	0,615	0,867	1,000

*Значимые на уровне $p < 0,05$ по t -критерию Стьюдента коэффициенты выделены шрифтом.

*Coefficients significant at $p < 0.05$ by Student's t -test are in bold.

Таблица 7 (Table 7)

Ранговые коэффициенты корреляции Спирмена*
Spearman's rank correlation coefficients*

Variable	Spearman Rank Order Correlations					
	GDP	RDperGDP	Staffper10000	RDperresearcher	CIT	Patents
GDP	1,000	0,600	0,705	0,510	0,781	0,844
RDperGDP	0,600	1,000	0,799	0,653	0,462	0,817
Staffper10000	0,705	0,799	1,000	0,423	0,609	0,826
RDperresearcher	0,510	0,653	0,423	1,000	0,348	0,642
CIT	0,781	0,462	0,609	0,348	1,000	0,633
Patents	0,844	0,817	0,826	0,642	0,633	1,000

*Значимые на уровне $p < 0,05$ по t -критерию Стьюдента коэффициенты выделены шрифтом.

*Coefficients significant at $p < 0.05$ by Student's t -test are in bold.

ность с учетом цитирований публикаций. В ряде научных работ доказывается, что с ростом научных достижений растут экономические показатели [13], поэтому анализ средней цитируемости и патентной активности столь важен.

Исследования по данным США показало, что наиболее цитируемые авторы, как правило, являются сотрудниками ведущих научных центров стран [14]. Русскоязычные публикации журналов WoS цитируются в среднем в два раза реже, чем опубликованные на английском языке. Следовательно, они получают меньше ссылок из крупных международных журналов [15].

По исследуемой группе стран наибольшее значение InCites имеет Исландия (14,94), а минимальное – Турция (5,32). К сожалению, у России этот показатель еще ниже, чем в Турции – средняя цитируемость одной публикации за период 2015–2019 гг. составила всего лишь 5,23. Ее опередили в том числе и Мексика, Бразилия, Индия, Малайзия, Чили. Среднее значение по странам – 9,8. У половины стран средняя цитируемость одной публикации превышает 9,87. Среди стран-лидеров помимо Исландии, можно назвать следующие: Эстония (2-е место – 13,79), Сингапур (3-е место – 13,58), Люксембург (4-е место – 13,52), Швейцария (5-е место – 13,06), Дания (6-е место – 12,18), Нидерланды (7-е место – 12,05). По критерию Shapiro-Wilk показатель подчиняется нормальному закону распределения (табл. 5), что важно для получения адекватных прогностических моделей. Коэффициент вариации меньше 33%, это позволяет при построении прогнозов ограничиться линейными преобразованиями. Исходя из анализа корреляционной матрицы (табл. 6) можно сделать вывод, что показатель InCites имеет достаточную линейную

Характеристика линейной модели зависимости показателя InCites от среднедушевого ВВП и численности персонала, занятого исследованиями и разработками

Characteristics of the linear model of the dependence of the InCites index on the average per capita GDP and the number of personnel engaged in research and development

N = 35	Regression Summary for Dependent Variable: CIT R = 0,86167917 R ² = 0,74249100 Adjusted R ² = 0,72639668 F(2,32) = 46,134 p < 0,00000 Std.Error of estimate: 0,92058					
	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(32)	p-value
Intercept			5,727688	0,427219	13,40690	0,000000
GDP	0,664528	0,119430	0,000066	0,000012	5,56417	0,000004
Staffper10000	0,263690	0,119430	0,008358	0,003785	2,20790	0,034537

связь со среднедушевым ВВП (линейный коэффициент корреляции равен 0,722), среднюю степень линейной связи с численностью персонала, занятого исследованиями и разработками (0,557). Рассчитанные коэффициенты ранговой корреляции Спирмена между этими показателями (табл. 7) немного выше линейных коэффициентов (0,781 и 0,609 соответственно), что позволяет построить модель зависимости. Наилучшим приближением среди множественных регрессионных моделей явилась линейная модель:

$$CIT = 5,727688 + 0,000066 \times GDP + 0,008358 \times Staffper10000$$

Характеристики модели представлены в таблице 8. Модель значима на уровне 0,05 по F-критерию Фишера, регрессионные коэффициенты значимы на уровне 0,05 по t-критерию Стьюдента, гетероскедастичность отсутствует, средняя ошибка аппроксимации составила 9,8%, скорректированное значение множественного коэффициента детерминации равно 72,6%. Модель построена методом пошагового включения переменных (Forward stepwise). Предварительно из совокупности были удалены выбросы (6 наблюдений), и модель строилась по 35 странам.

Точечный прогноз показателя InCites по уравнению для

России получился равным 8,37 раз при фактическом уровне равном 5,23 раз. Доверительный интервал для прогнозного значения при доверительной вероятности 0,95: от 7,9 до 8,8 раз. Как видим, фактическое значение средней цитируемости одной публикации в 1,6 раза меньше того уровня, который должен быть в 2018 году при имеющихся на тот период значениях среднедушевого ВВП и численности персонала, занятого исследованиями и разработками (табл. 9).

Для сравнения приведем прогноз по Китаю: точечное значение составило 7,21 раз при доверительном интервале от 6,62 до 7,79 раз, фактическое значение – 8,42 раз. Таким образом, можно сделать вывод о том, что Китай достиг больших успехов, чем это прогнозируется при существующем среднедушевом ВВП и численности персонала, занятого исследованиями и разработками (превышение 1,17 раз).

При определении формы регрессионной зависимости показателя средней цитируемости от среднедушевого ВВП наилучшим оказалась экспоненциальная модель вида:

$$CIT = 6,4821 \times \exp(0,000008775 \times GDP)$$

Уравнение имеет среднюю ошибку аппроксимации, равную 9,2% (модель хорошо описывает зависимость), гетероскедастичность отсутствует.

Таблица 9 (Table 9)

Прогнозные значения показателя InCites по разным моделям для России и Китая*
Forecast values of the InCites index according to different models for Russia and China*

Регрессионное уравнение	Россия		Китай	
	Точечный прогноз показателя	Доверительный интервал для прогнозного значения	Точечный прогноз показателя	Доверительный интервал для прогнозного значения
Модели, построенные по всей совокупности стран (за исключением выбросов), для показателя InCites				
$CIT = 5,727688 + 0,000066 \times (GDP) + 0,008358 \times (Staffper10000)$	8,37	7,93 – 8,81	7,21	6,62 – 7,79
$CIT = 6,4821 \times \exp(0,000008775 \times (GDP))$	8,19	–	7,41	–
Модели, построенные по всей совокупности стран (за исключением выбросов), для показателя Patents				
$\ln(Patents) = -20,8166 + 2,5321 \times \ln(GDP)$	146,54	106,93 – 200,84	35,59	21,17–59,84
$Patents = 0,0309 \times 1,18223^{(Output\ln)}$	75,99	–	335,46	–
$\ln(Patents) = -18,056 + 1,1517 \times \ln(GDP) + 1,0219 \times \ln(Staffper10000) + 1,3588 \times \ln(RDperresearcher)$	115,29	84,50 – 157,24	105,95	69,55 – 161,33

* Фактическое значение показателя **InCites** по России – 5,23; по Китаю – 8,42.

Фактическое значение показателя **Patents** по России – 206,4; по Китаю – 1048,5.

* The actual value of the **InCites** index for Russia is 5.23; in China – 8.42.

The actual value of the Patents index in Russia is 206.4; in China – 1048.5.

Точечный прогноз показателя **InCites** для России равен 8,19 раз при фактическом значении 5,23; для Китая – 7,41 при фактическом значении 8,42 (табл. 9).

Корреляционный анализ позволил сделать вывод, что практически не оказывают никакого влияния на показатель **InCites** внутренние затраты на исследования и разработки в расчете на одного исследователя, хотя было бы естественным предположить существование этой связи, также оказался несвязанными с **InCites** показатель, характеризующий внутренние затраты на исследования и разработки в процентах к ВВП. Рассчитанные ранговые коэффициенты корреляции Спирмена имеют более высокие значения, чем линейные коэффициенты корреляции, они значимы на уровне 0,05, но продолжают оставаться незначительными, что позволяет сделать вывод об отсутствии как линейной связи между показателями, так и нелинейной.

Если рассматривать зависимость средней цитируемости **InCites** с Innovation Input Sub-Index, характеризующим научный потенциал страны,

можно увидеть, что линейный коэффициент корреляции Пирсона приблизительно равен ранговому коэффициенту корреляции Спирмена (0,623 и 0,658 соответственно), они оба показывают средней степени прямую связь между показателями, что не позволяет построить устойчивую регрессионную модель зависимости.

Результативность научной деятельности в стране также определяется по степени изобретательской активности населения. Некоторые ученые в своих работах приводят доказательства того, что увеличение, патентной активности населения приводит к общему повышению благосостояния в стране [16]. Например, патентная активность во многом способствовала быстрому росту экономики Китая [17], особое внимание в котором уделяется внутренним инновациям фирм [18]. При этом следует отметить, что согласно анализу данных, Правительство Китая выделяет значительные средства на образование, расходы на науку и технологии ощутимо ниже (в 2020 г. эта разница более чем в 3,5 раза) [19].

В данном исследовании рассматривался показатель «число патентных заявок на изобретения, поданных национальными заявителями в стране и за рубежом в расчете на 1 млн. человек населения». Статистические характеристики по анализируемой совокупности стран выглядят следующим образом (табл. 3). Среднее значение составило 1154,4. При этом минимальное число патентов у Мексики (21,4), максимальное – у Швейцарии (5480,0), значение которой превышает минимальное значение показателя почти в 54 раза. Коэффициент вариации равен 123%, т.е. совокупность стран по числу патентов не является однородной. Показатель не имеет нормального закона распределения по критерию Shapiro-Wilk's на уровне значимости менее 0,05 (табл. 5). У половины стран число патентов на 1 млн. человек населения не превышает 627,8, у России данный показатель составил 206,4 патента, у Китая – 1048,5 (превышение по сравнению с Россией более, чем в 5 раз, по сравнению с медианным значением по совокупности стран – в 1,7 раза).

Анализ корреляционной матрицы позволяет сделать следующие выводы (табл. 6). Число патентов имеет прямую линейную связь средней степени со следующими показателями (перечисляются в порядке убывания их влияния): с внутренними затратами на исследования и разработки в процентах к ВВП (0,660), размером внутренних затрат на исследования и разработки в расчете на одного исследователя (0,639), со среднедушевым ВВП (0,635), численностью персонала, занятого исследованиями и разработками, на 10000 занятых в экономике (0,542). Так как показатель не имеет нормального закона распределения, то для уточнения степени связи были дополнительно рассчитаны ранговые коэффициенты корреляции Спирмена (табл. 7), которые показали высокую степень прямой нелинейной связи от среднедушевого ВВП (0,844), численности персонала (0,826), внутренних затрат на исследования и разработки в процентах к ВВП (0,817), размера внутренних затрат на исследования и разработки в расчете на одного исследователя (0,642).

Так как исследуемая группа стран по коэффициенту вариации не является однородной, то перед построением регрессионных моделей была проведена проверка совокупности на наличие выбросов (аномальных наблюдений), в результате чего удалены два наблюдения (Япония и респ. Корея), и в дальнейшем модели строились на данных по 39 странам.

Среди всех рассмотренных моделей зависимости числа патентов от среднедушевого ВВП наилучшей аппроксимирующей способностью обладает линейное уравнение, построенное на натуральные логарифмы переменных:

$$\ln(\text{Patents}) = -20,8166 + 2,5321 \times \ln(\text{GDP}).$$

Характеристика уравнения зависимости изобретательской активности населения от среднедушевого ВВП
Characterization of the dependence equation of the population inventive activity on the average per capita GDP

N = 39	Regression Summary for Dependent Variable: ln(Patents) R = 0,87125905 R2 = 0,75909233 Adjusted R2 = 0,75258132 F(1,37) = 116,59 p < 0,00000 Std.Error of estimate: 0,77885					
	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(37)	p-value
Intercept			-20,8166	2,485887	-8,37392	0,000000
ln(GDP)	0,871259	0,080691	2,5321	0,234507	10,79749	0,000000

Таким образом, увеличение среднедушевого ВВП страны на 1% приводит к увеличению числа патентов в расчете на 1 млн чел. населения в среднем на 2,5%. Проверка по F-критерию Фишера показала, что уравнение значимо на уровне меньше 0,05; регрессионные коэффициенты значимы по t-критерию Стьюдента на уровне меньше 0,05; скорректированное значение коэффициента детерминации составило 75,2% (табл. 10); гетероскедастичность отсутствует, средняя ошибка аппроксимации равна 11,8%.

Согласно полученному уравнению, при российском среднедушевом ВВП равном 26656, число патентов должно было в 2018 году составить 146,54, по факту – 206,4 патентов на 1 млн жителей. В таблице 9 содержатся 95%-е доверительные границы для полученных прогнозных значений. Таким образом, можно сделать вывод, что Россия достигла лучшего значения показателя, чем могла бы при уровне среднедушевого ВВП, которым она располагала на тот момент (превышение в 1,4 раза).

По Китаю прогноз равен 35,59 патента на 1 млн жителей при фактической величине – 1048,5 патента, т.е. реальное значение показателя почти в 30 раз больше прогнозируемого. Отсюда можно сделать вывод, что изобретательская активность населения Китая имеет огромный по сравнению с другими странами потенциал.

В ходе исследования рассматривалась зависимость числа патентов от Innovation Input Sub-Index, который можно считать за оценку инновационных ресурсов страны. Рассчитанный коэффициент корреляции Пирсона показал наличие между ними прямой средней степени линейной связи (0,639; табл. 6), но этого недостаточно, чтобы для прогнозирования ограничиться классической линейной моделью. Ранговый коэффициент корреляции Спирмена показал наличие прямой высокой степени нелинейной связи (0,867, табл. 7), что определяет необходимость использования нелинейных моделей для определения взаимосвязи между данными показателями.

Полученная показательная модель зависимости имеет вид:

$$\text{Patents} = 0,0309 \times 1,18223^{\text{Inputln}}$$

Модель имеет ошибку аппроксимации равную 14,8%, коэффициент эластичности составил 9,47%, т.е. при увеличении Innovation Input Sub-Index на 1% число патентов в среднем возрастает на 9,47%. Построенный прогноз по России составил 75,99 патентов (при факте – 206,4 патентов), прогноз по Китаю – 335,46 (при факте – 1048,5).

При исследовании множественной зависимости числа патентов от показателей, участвующих в анализе, наилучшим приближением явилась линейная модель, построенная

на натуральные логарифмы переменных методом пошагового включения (Forward stepwise):

$$\ln(\text{Patents}) = -18,056 + 1,1517 \times \ln(\text{GDP}) + 1,0219 \times \ln(\text{Staffper10000}) + 1,3588 \times \ln(\text{RDperresearcher}).$$

Характеристики модели следующие: уравнение значимо на уровне 0,05 по F -критерию Фишера, регрессионные коэффициенты значимы на уровне 0,05 по t -критерию Стьюдента, скорректированное значение коэффициента детерминации высокое – 90,7% (табл. 11), средняя ошибка аппроксимации составила 6,63%. Проверка по тесту Шапиро-Уилку позволяет принять гипотезу о нормальном распределении регрессионных остатков ($W = 0,982482$, $p = 0,791937$). Таким образом, полученное уравнение пригодно для дальнейшего прогнозирования.

Таким образом, увеличение среднедушевого дохода на 1% увеличивает число патентов в среднем на 1,15%; увеличение численности персонала, занятого исследованиями и разработками, на 1% приводит к увеличению числа патентов в среднем на 1,02%; увеличение внутренних затрат на исследования и разработки в расчете на одного исследователя на 1% приводит к увеличению числа патентов в среднем на 1,36%. Точечный прогноз числа патентов по России составил 115,29 патентов (95%-й доверительный интервал: 84,50 – 157,24), по Китаю – 105,95 (69,55 – 161,33), т.е. фактическое превышение показателя по России составило 1,8 раз, по Китаю – почти в 10 раз.

В последних публикациях прослеживается тенденция развития инновационной сферы в сторону увеличения патентов в области эко-инноваций, которые должны способствовать оживлению циркулярной экономики на мировом и национальных уровнях [20–22].

Характеристика линейной модели множественной зависимости числа патентов от среднедушевого ВВП, численности персонала, занятого исследованиями и разработками, и размером внутренних затрат на исследования и разработки в расчете на одного исследователя

Characteristics of the linear model of multiple dependence of the number of patents on the average per capita GDP, the number of personnel employed in research and development, and the size of internal costs for research and development per researcher

N = 39	Regression Summary for Dependent Variable: ln(Patents)					
	R = 0,95664777 R2 = 0,91517495 Adjusted R2 = 0,90790423 F(3,35) = 125,87 p < 0,00000 Std.Error of estimate: 0,47518					
	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(35)	p-value
Intercept			-18,0506	1,949339	-9,25984	0,000000
ln(GDP)	0,396286	0,086449	1,1517	0,251241	4,58405	0,000056
ln(Staffper10000)	0,458288	0,083150	1,0219	0,185410	5,51157	0,000003
ln(RDperresearcher)	0,351303	0,052535	1,3588	0,203195	6,68697	0,000000

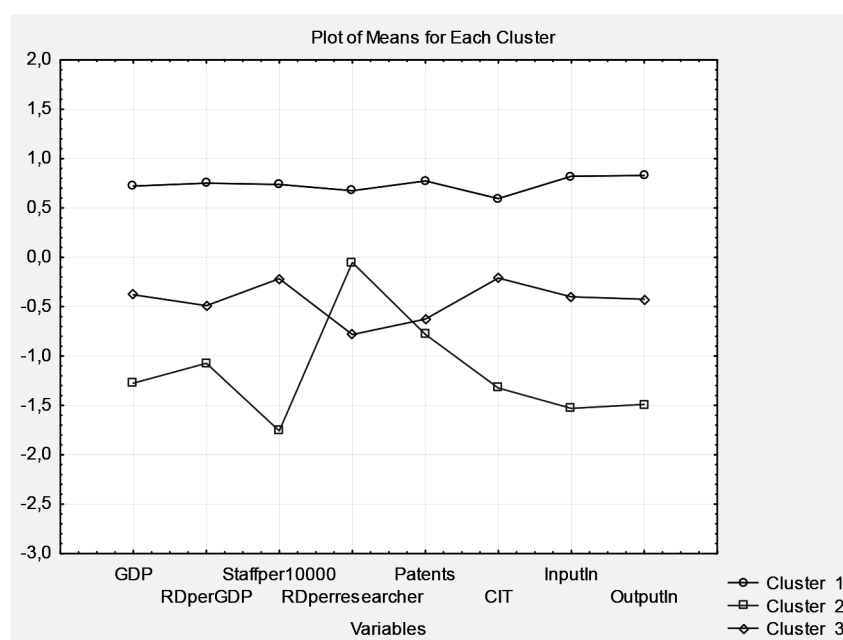


Рис. График средних значений показателей кластеров в стандартизированном масштабе

Fig. Graph of the average values of the cluster indexes on a standardized scale

С целью изучения различий результатов научной деятельности по разным типам стран и определения принадлежности России и Китая к той или иной их группе была проведена кластеризация методом k -средних (k -means clustering), в результате получены три кластерные группы стран. Перед проведением процедуры исходные данные были стандартизированы, т.к. исходные данные имеют разные единицы измерения.

В первый кластер вошло 19 стран: Австрия, Бельгия, Дания, Финляндия, Франция, Германия, Исландия, Ирландия, Израиль, Япония, респ. Корея, Люксембург, Нидерланды, Норвегия, Сингапур, Швеция, Швейцария, Великобритания и США. Таким образом, основой кластерной группы являются развитые страны мира.

Второй кластер состоит из экономически слабых стран, в нее вошли Бразилия, Чили,

Индия, Мексика, ЮАР и Турция (всего – 6 стран).

Третий кластер включил в себя страны с достаточно высоким уровнем развития экономики, но с более низким научным потенциалом по сравнению с государствами первого кластера, в него вошли Австралия, Канада, Чешская республика, Эстония, Греция, Венгрия, Италия, Латвия, Литва, Малайзия, Новая Зеландия, Польша, Португалия, Словакия, Словения и Испания (всего – 16 стран).

График средних значений кластеров, построенный по стандартизированным данным, показывает высокое качество разбиения, т.к. средние кластеров практически не пересекаются (рис. 1).

Первый кластер характеризуется самыми высокими значениями показателей как научного потенциала, так и результатов научной деятельности (табл. 12).

Второй кластер имеет самые низкие уровни научного потенциала и результатов, но размер внутренних затрат на исследования и разработки в расчете на одного исследователя у них достаточно высокий, выше, чем у стран третьего кластера (табл. 12), у них наблюдается недостаток численности персонала, занимающегося исследованиями и разработками (крайне низкие значения в расчете на 10000 занятых в экономике).

Государства третьего кластера в основном повторяют тенденции первого кластера, но с более низкими значениями показателей (табл. 12).

Для оценки взаимосвязей показателей по каждому кластеру были рассчитаны линейные коэффициенты корреляции и ранговые коэффициенты корреляции Спирмена (табл. 13).

В результате в первом кластере наблюдается только средняя степень связи между цитируемостью и среднедуше-

Таблица 12 (Table 12)

Основные статистические характеристики кластеров

Main statistical characteristics of clusters

Номер кластера	mean	minimum	maximum
GDP per capita, PPP (constant 2017 international \$)			
1	59787	39418	113590
2	17847	6519	28313
3	36650	27558	49152
Внутренние затраты на исследования и разработки в процентах к ВВП			
1	2,68	1,00	4,90
2	0,73	0,31	1,26
3	1,36	0,64	1,95
Численность персонала, занятого исследованиями и разработками, в расчете на 10000 занятых в экономике (в эквиваленте полной занятости)			
1	163	91	218
2	28	14	61
3	111	59	154
Внутренние затраты на исследования и разработки в расчете на одного исследователя, тыс. долл. США в расчете по ППС			
1	261,31	158,27	422,20
2	201,78	176,13	228,46
3	142,17	87,58	229,69
Число патентных заявок на изобретения, поданных национальными заявителями в стране и за рубежом в расчете на 1 млн. чел. населения			
1	2254,1	796,7	5480,3
2	45,45	21,4	113,7
3	264,2	65,3	660,6
Средняя цитируемость одной публикации страны: InCites			
1	11,05	7,56	14,9
2	6,88	5,32	8,47
3	9,30	6,98	13,79
Innovation Input Sub-Index			
1	63,79	57,23	70,2
2	44,17	42,4	46,97
3	53,59	46,54	64,84
Innovation Output Sub-Index			
1	47,06	35,91	62,8
2	23,34	20,48	27,66
3	53,59	46,54	64,84

Таблица 13 (Table 13)

Коэффициенты корреляции между показателями (Пирсона, Спирмена)*

Correlation coefficients between indexes (Pearson, Spearman)*

Variable	GDP	RDperGDP	Staffper10000	RDperresearcher	InputIn
Cluster 1					
Patents	0,256	0,294	-0,034	0,333	0,131
	0,004	<i>0,558</i>	0,170	<i>0,461</i>	0,296
CIT	<i>0,612</i>	<i>-0,480</i>	-0,064	-0,038	-0,111
	<i>0,672</i>	-0,418	-0,067	-0,047	-0,040
Cluster 2					
Patents	0,753	0,348	<i>0,908</i>	-0,467	0,319
	0,657	0,543	0,771	-0,429	0,600
CIT	-0,169	-0,498	-0,617	-0,288	0,681
	-0,314	-0,543	-0,543	-0,257	0,600
Cluster 3					
Patents	<i>0,875</i>	0,429	<i>0,657</i>	<i>0,551</i>	<i>0,824</i>
	<i>0,874</i>	<i>0,541</i>	<i>0,803</i>	<i>0,544</i>	<i>0,753</i>
CIT	0,197	0,125	0,069	0,178	0,384
	0,215	0,171	0,144	0,303	0,450

* Верхние значения – линейные коэффициенты корреляции Пирсона; нижние – коэффициенты ранговой корреляции Спирмена; курсивом выделены коэффициенты, значимые на уровне 0,05 по *t*-критерию Стьюдента.

* Upper values are linear Pearson correlation coefficients;

lower - Spearman's rank correlation coefficients;

coefficients significant at the level of 0.05 according to Student's *t*-test are in italics.

вым ВВП. По остальным показателям можно сделать вывод, что они практически не связаны между собой.

У второго кластера наблюдается высокая степень линейной связи между числом патентов в расчете на 1 млн чел. населения и численностью персонала, занятого исследованиями и разработками, в расчете на 10000 занятых в экономике (0,908). Очевидно, что для стран экономически недостаточно развитых, прямое увеличение численности персонала приводит к практически функциональному росту результатов научной деятельности, например, патентов.

Наиболее ярко проявляются взаимосвязи показателей в третьем кластере. Число выданных патентов оказалось в тесной прямой зависимости от среднедушевого ВВП (линейная связь, коэффициент Пирсона равен 0,875), с численностью персонала (нелинейная связь, коэффициент Спирмена – 0,803), с Innovation Input Sub-Index, оценивающим инновационный потенциал страны, (линейная связь, коэффициент Пирсона – 0,824). Показатель выданных патентов также имеет среднюю степень прямой связи с внутренними затратами на исследования и разработки в процентах к ВВП (коэффициент Спирмена – 0,541), с затратами в расчете на одного исследователя (коэффициент Пирсона – 0,551).

В качестве одной из целей, которые стояли перед исследованием, являлось определение набора стран, наиболее близких по своему научному потенциалу к России. Изучить их опыт крайне важно (Zamulin & Sonin, 2019). В результате проведения дискриминантного анализа были получены апостериорные вероятности (Posterior Probabilities) принадлежности стран к той или иной кластерной группе (табл. 14). Таким образом, Россию с вероятностью 0,998757 можно

отнести к третьему кластеру, со странами этой группы она имеет сходные начальные условия научного потенциала. Из таблицы 14 видно, что тенденция развития идет в сторону развитых стран мира, т.к. вероятность принадлежности к первой кластерной группе

выше (0,001196), чем ко второй (0,000046).

Основные характеристики результатов вычислений дискриминантного анализа описываются с помощью статистик лямбда Уилкса (табл. 15), их анализ свидетельствует о получении значимых клас-

Таблица 14 (Table 14)

Posterior Probabilities принадлежности к кластерным группам
Posterior Probabilities belonging to cluster groups

Countries	Posterior Probabilities		
	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Australia	0,036217	0,000000	0,963783
Austria	0,998214	0,000000	0,001786
Belgium	0,921471	0,000000	0,078529
Brazil	0,000000	0,999998	0,000002
Canada	0,099171	0,000000	0,900829
Chile	0,000000	0,999997	0,000003
Czech Republic	0,125848	0,000000	0,874152
Denmark	0,999988	0,000000	0,000012
Estonia	0,011287	0,000000	0,988713
Finland	0,999633	0,000000	0,000367
France	0,920072	0,000000	0,079928
Germany	0,999812	0,000000	0,000188
Greece	0,000006	0,000018	0,999976
Hungary	0,000451	0,000000	0,999549
Iceland	0,989254	0,000000	0,010746
India	0,000000	1,000000	0,000000
Ireland	0,999368	0,000000	0,000632
Israel	0,999994	0,000000	0,000006
Italy	0,006484	0,000003	0,993513
Japan	0,925023	0,000000	0,074977
Korea, Rep.	0,999994	0,000000	0,000006
Latvia	0,000001	0,000357	0,999642
Lithuania	0,000005	0,000025	0,999970
Luxembourg	0,999989	0,000000	0,000011
Malaysia	0,000008	0,000402	0,999590
Mexico	0,000000	1,000000	0,000000
Netherlands	0,999602	0,000000	0,000398
New Zealand	0,003018	0,000000	0,996982
Norway	0,963027	0,000000	0,036973
Poland	0,000012	0,000030	0,999958
Portugal	0,000756	0,000000	0,999244
Singapore	0,999990	0,000000	0,000010
Slovak Republic	0,000006	0,000008	0,999986
Slovenia	0,009988	0,000000	0,990012
South Africa	0,000000	1,000000	0,000000
Spain	0,001087	0,000000	0,998913
Sweden	0,999998	0,000000	0,000002
Switzerland	1,000000	0,000000	0,000000
Turkey	0,000000	0,979358	0,020642
United Kingdom	0,969258	0,000000	0,030742
United States	0,998725	0,000000	0,001275
Russian Federation	0,000000	0,044561	0,955439
China	0,001196	0,000046	0,998757

сификационных функций на уровне 0,05 (табл. 16).

По данным третьего кластера уравнение множественной регрессии, построенное на основе натуральных логарифмов переменных методом пошагового включения (Forward stepwise), в котором в качестве независимых переменных выступают размер среднедушевого ВВП и численность персонала, занятого исследованиями и разработками, имеет вид:

$$\ln(\text{Patents}) = -28,986 + 2,896 \times \ln(\text{GDP}) + 1,124 \times \ln(\text{Staffper10000}).$$

Уравнение значимо на уровне 0,05 по F -критерию Фишера, регрессионные коэффициенты значимы на уровне 0,05 по t -критерию Стьюдента, скорректированное значение коэффициента детерминации составило 82,2% (табл. 17), средняя ошибка аппроксимации – 4,5%. В остатках отсутствует гетероскедестичность, они имеют нормальный закон распределения в соответствии с тестом Шапиро-Уилка ($W = 0,913678$, $p = 0,739761$).

Таким образом, по группе стран третьего кластера увеличение среднедушевого дохода на 1% увеличивает число патентов в среднем на 2,89%; а рост численности персонала, занятого исследованиями и разработками, на 1% приводит к росту числа патентов в среднем на 1,12%.

Точечный прогноз для России составляет 82,09 патента на 1 млн населения, доверительные границы прогноза: 53,58 – 125,78. Фактическое значение превышает прогнозное приблизительно в 2,5 раза, т.е. изобретательская активность населения выше, чем это предполагается на основе имеющихся ресурсов.

Зависимость числа патентов от инновационного потенциала по третьей группе стран (Innovation Input Sub-Index) наилучшим образом описывается

Таблица 15 (Table 15)
Статистика лямбда Уилкса
Wilks lambda statistics

N = 41	Discriminant Function Analysis Summary					
	No. of vars in model: 8; Grouping: Group (3 grps) Wilks' Lambda: 0,05614 approx. $F(16,62) = 12,479$ $p < 0,0000$					
	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove (2,31)	p-value	Toler.	I-Toler. (R-Sqr.)
GDP	0,078971	0,710898	6,303407	0,005047	0,264944	0,735057
RDperGDP	0,072291	0,776585	4,459192	0,019858	0,136281	0,863719
Staffper10000	0,056861	0,987328	0,198943	0,820635	0,524553	0,475447
RDperresearcher	0,082837	0,677719	7,370845	0,002406	0,312179	0,687821
Patents	0,063672	0,881713	2,079416	0,142093	0,509879	0,490121
CIT	0,057443	0,977321	0,359678	0,700775	0,696476	0,303524
InputIn	0,056394	0,995496	0,070126	0,932424	0,567519	0,432481
OutputIn	0,069279	0,810345	3,627668	0,038404	0,566216	0,433784

Таблица 16 (Table 16)

Параметры дискриминантных классификационных функций
Parameters of discriminant classification functions

Variable	Classification Functions		
	Cluster 1 $p = 0,46341$	Cluster 2 $p = 0,14634$	Cluster 3 $p = 0,39024$
GDP	0,000	-0,0005	-0,0001
RDperGDP	2,845	-12,2368	-2,0165
Staffper10000	0,119	0,0749	0,0941
RDperresearcher	-0,025	0,0877	-0,0090
Patents	-0,001	0,0018	-0,0009
CIT	2,786	1,8301	2,4739
InputIn	2,706	2,8147	2,7057
OutputIn	0,440	-0,5151	0,0975
Constant	-125,963	-65,3386	-88,0548

Таблица 17 (Table 17)

Характеристика линейной модели множественной зависимости числа патентов от среднедушевого ВВП, численности персонала, занятого исследованиями и разработками (для кластера 3)

Characteristics of the linear model of the multiple dependence of the number of patents on the average per capita GDP, the number of personnel engaged in research and development (for cluster 3)

N = 16	Regression Summary for Dependent Variable: $\ln(\text{Patents})$ $R = 0,91971931$ $R^2 = 0,84588361$ Adjusted $R^2 = 0,82217339$ $F(2,13) = 35,676$ $p < 0,00001$ Std. Error of estimate: 0,31881					
	b^*	Std. Err. of b^*	b	Std. Err. of b	$t(13)$	p -value
Intercept			-28,9860	5,419497	-5,34847	0,000132
$\ln(\text{GDP})$	0,686612	0,146718	2,8960	0,618830	4,67980	0,000431
$\ln(\text{Staffper10000})$	0,305450	0,146718	1,1240	0,400594	2,08188	0,047676

с помощью логарифмической функции:

$$\text{Patents} = -6516,81 + 3926,14 \times \ln(\text{InputIn}).$$

Уравнение значимо на уровне 0,05 по F -критерию Фишера, регрессионные коэффициенты значимы на уровне 0,05 по t -критерию Стьюдента, скор-

ректированное значение коэффициента детерминации составило 82,4% (табл. 18), средняя ошибка аппроксимации – 3,8%. Регрессионные остатки имеют нормальный закон распределения по критерию Шапиро-Уилка ($W = 0,976237$, $p = 0,756879$), гетероскедастичность отсутствует (табл. 18).

Таблица 18 (Table 18)

Характеристика логарифмической модели зависимости числа патентов от инновационного потенциала (Innovation Input Sub-Index)
Characteristics of the logarithmic dependence model of the number of patents on the innovation potential (Innovation Input Sub-Index)

N = 16	Regression Summary for Dependent Variable: Patents R = 0,91717745 R2 = 0,84121447 Adjusted R2 = 0,82404892 F(1,14) = 28,141 p < 0,00011 Std.Error of estimate: 121,17					
	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(14)	p-value
Intercept			-6516,81	1278,646	-5,09665	0,000163
Lg(InputIn)	0,817177	0,154046	3926,14	740,115	5,30477	0,000111

Точечное значение прогноза для России составляет 34,97 патентов на 1 млн населения. Фактическое значение – 206,4 патента, т.е. превышает прогнозное почти в 6 раз. Таким образом, в международном инновационном индексе научный потенциал России недооценен.

Заключение

Политики и ученые все больше внимания уделяют научному потенциалу университетов, а также центрам создания инновационной среды страны [23, 24]. В работе [24] отмечается, что в настоящее время роль университетов в инновационном развитии стран велика, и весьма важной является поддержка деятельности, касающейся развития исследований и разработок [25]. В тоже время мы придерживаемся точки зрения, что в ближайшие годы финансирование науки должно в первую очередь, быть направленным в сторону научно-исследовательских институтов, традиционно занимающих центральное место в науке России. Если научные организации достаточно проинвестированы, то их возможности внести ощутимый вклад в инновационное развитие экономики повышаются. В работах [26–28] и др. отмечается, что основными и наиболее информативными показателями развития науки являются внутренние затраты на исследования и разработки, ассигнования из средств государственного бюджета, а также удельный вес затрат на иссле-

дования и разработки в ВВП. В работе [29], утверждается, что по мере развития экономики страны государственные расходы на НИОКР снижаются, и частные предприятия все чаще сами берутся решать инновационные задачи. Кроме того, исследование среднего показателя цитируемости немецких ученых показало, что научная деятельность, происходящая в частном секторе, имеет большую эффективность, чем в государственном, особенно для молодых ученых [30]. По нашему мнению, данная тенденция характерна только для стран первого кластера, характеризующихся высоким уровнем экономического развития, в развивающихся экономиках инновационное развитие в значительной степени требует государственной поддержки.

В работе [31] содержится вывод, что нет прямой связи между научными результатами страны и ВВП на душу населения. Как показало наше исследование, такой связи нет только в группе самых экономически высокоразвитых стран (первого кластера), для остальных стран в области изобретательской активности населения связь подтвердилась.

При рассмотрении кластерных групп выяснилось, что в экономически развитых странах показатели, описывающие материальные научные ресурсы и научные достижения, мало связаны между собой. Это означает, что при определенном развитии науки в стране, ее дальнейший рост уже мало зависит от увеличения материального потенциала го-

сударства, т.е. наступает некая точка «насыщения» науки материальными ресурсами, после чего последующее их увеличение не приводит к росту научных достижений.

В результате проведенного исследования были получены следующие основные выводы:

1. В целом по совокупности стран показатель цитируемости имеет достаточную связь с показателем ВВП на душу населения и численностью персонала, занимающегося исследованиями и разработками, но на нее не оказывает значимого влияния объем внутренних затрат в расчете на одного исследователя и доля внутренних затрат в процентах к ВВП. Опыт Китая подтверждает данный вывод: при невысоком значении затрат на одного исследователя стране удалось достигнуть высоких результатов в инновационной области, но данное явление может объясняться существованием определенного лага между развитием показателей. Отдельно по кластерным группам, разбивающим всю совокупность стран на высокоразвитые, слабо развитые и страны, занимающие промежуточное положение, связь показателя цитируемости с другими показателями не обнаружена.

Показатель числа выданных патентов, рассматриваемый по всей совокупности, имеет тесную линейную связь с ВВП на душу населения и тесную нелинейную связь с внутренними затратами на исследования и разработки в процентах к ВВП и численностью персонала, занятого исследованиями и разработками, в расчете на 10000 занятых в экономике. В разбивке по кластерным группам перечисленные зависимости не обнаружены у развитых стран, вошедших в первый кластер, но подтвердились для остальных стран.

2. Анализ изобретательской активности населения России показал, что при существующем научном потенциале стране удалось достигнуть в этой области гораздо лучших резуль-

татов, чем это могло быть исходя из значений среднедушевого ВВП, затрат на исследования и разработки, численности персонала и др. (превышение по разным моделям приблизительно в 1,4–2,7 раз).

Данный вывод не удалось получить по показателю средней цитируемости InCites: оценки на основе разных моделей дают приблизительно одинаковый результат – фактическое значение в 1,6 раза ниже, чем могло быть, т.е. Россия не полностью использует имеющийся научный потенциал в этой области. Китай, в

свою очередь, показал высокие результаты: фактическое значение показателя средней цитируемости в 1,2 раза больше, чем дают прогнозы на основе моделей. По числу выданных патентов в расчете на 1 млн населения Китай превышает по ресурсным моделям прогнозный уровень в 3 – 10 раз, по модели зависимости от среднедушевого ВВП – в 30 раз.

3. Россия по своему научному потенциалу наиболее близка к следующим странам: Австралия, Канада, Чешская республика, Эстония, Греция, Венгрия, Италия, Латвия, Лит-

ва, Малайзия, Новая Зеландия, Польша, Португалия, Словакия, Словения и Испания. При изучении международного опыта организации науки в первую очередь следует обратить внимание именно на эти страны.

4. По рассматриваемым странам подтвердилась гипотеза о наличии статистически значимых различий между показателем внутренних затрат на исследования и разработки в процентах к ВВП в 2018 г по сравнению с 2010 г., в среднем показатель увеличился на 0,08%.

Литература

1. Kosov M.E., Sigarev A.V., Malashenko G.T., Kharakoz J. K., Sekacheva A. B. Economic cycles: Influence on the innovation system of Russia // *Journal of Advanced Research in Law and Economics*. 2019. № 10(6). С. 1794–1800.

2. Popova L.V., Maslova I.A., Korostelkina I.A., Dedkova E.G., Maslov B.G., Lozhkina S.L. Innovation economy: A study of the influence of international experience on the russian economic system // *Espacios*. 2019. № 40 (10). С. 1–10.

3. Pylypenko H., Fedorova N., Huzenko I., Naumenko N. Paradoxes of economic development: Science and innovation in the modern world // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2020. № 2. С. 153–159.

4. Kniazevych A., Kraichuk S., Ostapchuk N. The concept of management of the development of national innovation systems. Paper presented at the International Conference on High Technology for Sustainable Development, HiTech 2018 – Proceedings.

5. Paryzky I.V. State policy of innovative development of national economy: Situation and issues of implementation // *Journal of Advanced Research in Law and Economics*. 2018. № 9(8). С. 2721–2732.

6. Официальный сайт Всемирного банка [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.PP.KD?most_recent_year_desc=false.

7. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru>.

8. Заварухин В.П., Соломенцева О.А., Солопова М.А., Чинаева Т.И. и др. Показатели развития российской и мировой науки: сравнительный анализ: Аналитико-статистический сборник. М.: ИПРАН РАН, 2022. 265 с.

9. Официальный сайт The Global Innovation Index [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.globalinnovationindex.org/home>.

10. Mikheeva T., Pankova V. On the theory of innovative education // Paper presented at the E3S Web of Conferences, 2021. 273 p.

11. Dubiei Y.V. Interrelation between human capital and innovation in the context of technical

and technological development of a country // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2020. № 6. С. 148–154.

12. Churilova E.Y., Salin V.N., Shpakovskaia E.P., Sitnikova, O.Y. Influence of world social and economic indicators' interlinkage on the development of human potential // *Journal of International Studies*. 2019. № 12(4). С. 79–99.

13. Velasco N.Y.G., Gregorio-Chaviano O., Alfonso A.L. B. Dynamics of colombian scientific production in economics. a bibliometric study in scopus 2007 – 2019 // *Lecturas De Economia*. 2021.

14. Andrikopoulos A., Trichas G. Publication patterns and coauthorship in the journal of corporate finance // *Journal of Corporate Finance*. 2018. № 51. С. 98–108.

15. Tret'yakova O.V. Russian economic journals indexed in Web of Science: current state and the ways of increasing international visibility // *Economic and Social Changes: Facts, Trends*. 2019. № 12(6). С. 292–311.

16. Zheng Z., Huang C., Yang Y. Patent protection, innovation, and technology transfer in a schumpeterian economy // *European Economic Review*. 2020. 129.

17. Chen Z., Zhang J., Zi, Y. A cost-benefit analysis of R&D and patents: Firm-level evidence from china // *European Economic Review*. 2021. № 13.

18. Howell A., Lin J., Worack S. Going out to innovate more at home: Impacts of outward direct investments on chinese firms' domestic innovation performance // *China Economic Review*. 2020. № 60.

19. Кузнецов В.И., Ларионова Е.И., Чинаева Т.И. Анализ экономики Китая в XXI веке // *Статистика и экономика*. 2021. Т. 18. № 2. С. 57–70.

20. Tambovceva T., Tereshina M., Samarina V. Green innovations in regional economy // Paper presented at the Engineering for Rural Development. 2019. № 18. С. 1832–1839.

21. Auzina A., Licite L., Jankova L. Eco-innovation performance in latvia and the interrelation of the factors affecting IT // Paper presented at the International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying

Geology and Mining Ecology Management, SGEM. (2020-August). 2020. P. 177–186.

22. Kesidou E., Wu L. Stringency of environmental regulation and eco-innovation: Evidence from the eleventh five-year plan and green patents // *Economics Letters*. 2020. 190 p.

23. Marozau R., Guerrero M., Urbano D. Impacts of universities in different stages of economic development // *Journal of the Knowledge Economy*. 2021. № 12(1).

24. Arucu M., Kalayci T. Contribution of university-industry collaboration in science, technology and innovation // *Local governance and regional development: Current perspectives*, 2021. С. 123–139.

25. Rodionov D., Velichenkova D. Relation between russian universities and regional innovation development // *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 2020. № 6(4). С. 1–26.

26. Заварухин В.П., Соломенцева О.А, Солопова М. А., Чинаева Т.И. и др. Показатели развития российской и мировой науки: сравнительный анализ: аналитико-статистический сборник. Выпуск 3. М.: ИПРАН РАН, 2021. 200 с.

References

1. Kosov M.E., Sigarev A.V., Malashenko G.T., Kharakoz J. K., Sekacheva A. B. Economic cycles: Influence on the innovation system of Russia. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*. 2019; 10(6): 1794-1800.

2. Popova L.V., Maslova I.A., Korostelkina I.A., Dedkova E.G., Maslov B.G., Lozhkina S.L. Innovation economy: A study of the influence of international experience on the russian economic system. *Espacios*. 2019; 40(10): 1-10.

3. Pylypenko H., Fedorova N., Huzenko I., Naumenko N. Paradoxes of economic development: Science and innovation in the modern world. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2020; 2: 153-159.

4. Kniazevych A., Kraichuk S., Ostapchuk N. The concept of management of the development of national innovation systems. Paper presented at the International Conference on High Technology for Sustainable Development, HiTech 2018 – Proceedings.

5. Paryzkyi I.V. State policy of innovative development of national economy: Situation and issues of implementation. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*. 2018; 9(8): 2721-2732.

6. Ofitsial'nyy sayt Vsemirnogo banka = Official website of the World Bank [Internet]. Available from: https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.PP.KD?most_recent_year_desc=false.

7. Ofitsial'nyy sayt Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki = Official website of the Federal State Statistics Service [Internet]. Available from: <https://rosstat.gov.ru>. (In Russ.)

8. Zavarukhin V.P., Solomentseva O.A., Solopova M.A., Chinayeva T.I. et al. Pokazateli razvitiya rossiyskoy i mirovoy nauki: sravnitel'nyy analiz: Analitiko-statisticheskiy sbornik = Indicators of the development of Russian and world science: a com-

parative analysis: Analytical and statistical collection. Moscow: IPRAN RAS; 2022. 265 p. (In Russ.)

9. Ofitsial'nyy sayt The Global Innovation Index = Official website of The Global Innovation Index [Internet]. Available from: <https://www.globalinnovationindex.org/home>.

27. Заварухин В.П., Соломенцева О.А, Чинаева Т.И., Солопова М. А. Сравнительный анализ основных показателей, характеризующих развитие научной сферы стран мира и России // *Инновации*. 2021. № 12(278). С. 3–11.

28. Черных С.И., Фролова Н.Д., Байбулатова Д.В. и др. Зарубежный опыт финансирования исследований и разработок и возможности его применения в России. М.: ИПРАН РАН, 2020. 232 с

29. Raghupathi V., Raghupathi W. Exploring science-and-technology-led innovation: A cross-country study // *Journal of Innovation and Entrepreneurship*. 2019. № 8(1). С. 1–45.

30. Fudickar R., Hottenrott H., Lawson C. What's the price of academic consulting? effects of public and private sector consulting on academic research // *Industrial and Corporate Change*. 2018. № 27(4). С. 699–722.

31. Pylypenko H., Fedorova N., Huzenko I., Naumenko N. Paradoxes of economic development: Science and innovation in the modern world // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2020. № 2. С. 153–159.

10. Mikheeva T., Pankova V. On the theory of innovative education. Paper presented at the E3S Web of Conferences, 2021. 273 p.

11. Dubiei Y.V. Interrelation between human capital and innovation in the context of technical and technological development of a country. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2020; 6: 148-154.

12. Churilova E.Y., Salin V.N., Shpakovskaia E.P., Sitnikova, O. Y. Influence of world social and economic indicators' interlinkage on the development of human potential. *Journal of International Studies*. 2019; 12(4): 79-99.

13. Velasco N.Y.G., Gregorio-Chaviano O., Alfonso A.L. B. Dynamics of colombian scientific production in economics. a bibliometric study in scopus 2007 – 2019. *Lecturas De Economia*, 2021.

14. Andrikopoulos A., Trichas G. Publication patterns and coauthorship in the journal of corporate finance. *Journal of Corporate Finance*. 2018; 51: 98-108.

15. Tret'yakova O.V. Russian economic journals indexed in Web of Science: current state and the ways of increasing international visibility. *Economic and Social Changes: Facts, Trends*. 2019; 12(6): 292-311.

16. Zheng Z., Huang C., Yang Y. Patent protection, innovation, and technology transfer in a schumpeterian economy. *European Economic Review*. 2020: 129.

17. Chen Z., Zhang J., Zi, Y. A cost-benefit analysis of R&D and patents: Firm-level evidence from china. *European Economic Review*. 2021: 13.

18. Howell A., Lin J., Worack S. Going out to innovate more at home: Impacts of outward direct investments on chinese firms' domestic innovation performance. *China Economic Review*. 2020: 60.
19. Kuznetsov V.I., Larionova Ye.I., Chinayeva T.I. Analysis of China's economy in the 21st century. *Statistika i ekonomika = Statistics and Economics*. 2021; 18; 2: 57–70. (In Russ.)
20. Tambovceva T., Tereshina M., Samarina V. Green innovations in regional economy. Paper presented at the Engineering for Rural Development. 2019; 18: 1832-1839.
21. Auzina A., Licite L., Jankova L. Eco-innovation performance in latvia and the interrelation of the factors affecting IT. Paper presented at the International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. (2020-August). 2020: 177-186.
22. Kesidou E., Wu L. Stringency of environmental regulation and eco-innovation: Evidence from the eleventh five-year plan and green patents. *Economics Letters*. 2020. 190 p.
23. Marozau R., Guerrero M., Urbano D. Impacts of universities in different stages of economic development. *Journal of the Knowledge Economy*. 2021: 12(1).
24. Arucu M., Kalayci T. Contribution of university-industry collaboration in science, technology and innovation. *Local governance and regional development: Current perspectives*, 2021: 123-139.
25. Rodionov D., Velichenkova D. Relation between russian universities and regional innovation development. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 2020; 6(4): 1-26.
26. Zavarukhin V.P., Solomentseva O.A, Solopova M. A., Chinayeva T.I. et al. Pokazateli razvitiya rossiyskoy i mirovoy nauki: sravnitel'nyy analiz: analitiko-statisticheskiy sbornik. Vypusk 3 = Indicators of the development of Russian and world science: a comparative analysis: analytical and statistical collection. Issue 3. Moscow: IPRAN RAS, 2021. 200 p. (In Russ.)
27. Zavarukhin V.P., Solomentseva O.A, Chinayeva T.I., Solopova M. A. Comparative analysis of the main indicators characterizing the development of the scientific sphere of the countries of the world and Russia. *Innovatsii = Innovations*. 2021; 12(278): 3-11. (In Russ.)
28. Chernykh S. I., Frolova N.D., Baybulatova D.V. et al. Zarubezhnyy opyt finansirovaniya issledovaniy i razrabotok i vozmozhnosti yego primeneniya v Rossii = Foreign experience in financing research and development and the possibility of its application in Russia. Moscow: IPRAN RAS; 2020. 232 p. (In Russ.)
29. Raghupathi V., Raghupathi W. Exploring science-and-technology-led innovation: A cross-country study. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*. 2019; 8(1): 1-45.
30. Fudickar R., Hottenrott H., Lawson C. What's the price of academic consulting? effects of public and private sector consulting on academic research. *Industrial and Corporate Change*. 2018; 27(4): 699-722.
31. Pylypenko H., Fedorova N., Huzenko I., Naumenko N. Paradoxes of economic development: Science and innovation in the modern world. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2020; 2: 153-159.

Сведения об авторах

Владимир Петрович Заварухин

К.э.н., директор института проблем развития науки РАН (ИПРАН РАН),
Москва, Россия
Эл. почта: V.Zavarukhin@issras.ru

Татьяна Игоревна Чинаева

К.э.н., доцент департамента бизнес-аналитики Факультета налогов, аудита и бизнес-анализа, зав.сектором Института проблем развития науки РАН (ИПРАН РАН)
ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»,
Москва, Россия
Эл. почта: t.chinaeva@yandex.ru

Эльвира Юрьевна Чурилова

К.э.н., доцент Департамента бизнес-аналитики Факультета налогов, аудита и бизнес-анализа ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», ведущий научный сотрудник Института проблем развития науки РАН (ИПРАН РАН),
Москва, Россия
Эл. почта: EChurilova@fa.ru

Information about the authors

Vladimir P. Zavarukhin

Cand. Sci. (Economics), Director of the Institute for the Study of Science Russian Academy of Sciences, (ISS RAS), Moscow, Russia
E-mail: V.Zavarukhin@issras.ru

Tatiana I. Chinaeva

Cand. Sci. (Economics), Associate Professor of the Department of Business Analytics of the Faculty of Taxes, Audit and Business Analysis, Head of Sector of the Institute of Problems of Science Development of the Russian Academy of Sciences (IPRAN RAS)
FSOBU HE «Financial University under the Government of the Russian Federation»,
Moscow, Russia
E-mail: t.chinaeva@yandex.ru

Elvira Y. Churilova

Cand. Sci. (Economics) Associate Professor of the Department of Business Analytics of the Faculty of Taxes, Audit and Business Analysis
FSOBU HE «Financial University under the Government of the Russian Federation», Leading Researcher at the Institute of Problems of Science Development of the Russian Academy of Sciences (IPRAN RAS), Moscow, Russia
E-mail: EChurilova@fa.ru