

Развитие науки и экономический рост: статистико-аналитический обзор (на примере Китая)

Владимир Петрович Заварухин^{а)},
Татьяна Игоревна Чинаева^{а), б)},
Эльвира Юрьевна Чурилова^{а), б)}

^{а)} Институт проблем развития науки РАН (ИПРАН РАН), г. Москва, Россия;

^{б)} Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва, Россия

Проблема совершенствования методологии анализа развития китайской экономики по мере ее выхода на передовые позиции в мире, как и (в равной степени) выявление драйверов ее роста, приобретают все большую актуальность. В работе проведен статистический анализ динамики основных показателей, характеризующих научную сферу страны за период 2005–2019 гг.: численности персонала, занятого НИОКР; внутренних затрат на исследования и разработки; патентной и публикационной активности ученых Китая. Кроме того, исследована взаимосвязь между размером ВВП страны и ее экспортом высокотехнологичной продукции. С целью изучения изменения рассматриваемых показателей в динамике проведен регрессионный анализ, информационной базой для которого послужили официальные статистические данные Китая.

Также в работе представлен прогноз масштабов и результативности научной деятельности Китая на период 2022–2024 гг., согласно которому при сохранении существующих тенденций развития науки и экономики в целом в 2024 г. предполагается рост объема внутренних затрат на исследования и разработки (более 3,284 трлн юаней), числа выданных патентов (более 537 тысяч), количества опубликованных научных статей (более 2,22 млн). Проведенный анализ показал наличие тесной связи между экономическим ростом страны и динамикой ее экспорта высокотехнологичной продукции. При сохранении существующих тенденций развития экономики и экспорта высокотехнологичной продукции прогнозные значения ВВП Китая в 2022 г. составляют 18,6 трлн долларов США, в 2023 г. – 20,3 трлн, а в 2024 г. – 21,7 трлн долларов США.

Результаты исследования показали, что стремительный экономический рост Китая был обусловлен как крупномасштабными капитальными вложениями, высокими темпами увеличения производительности труда, так и успешным развитием науки и инновационной деятельности во всех стратегически важных секторах экономики.

Экспоненциальный и параболический рост практически всех основных показателей, характеризующих кадровую и финансовую составляющие научной сферы, патентную и публикационную активность, позволяет сделать выводы относительно укрепления лидерских общеэкономических позиций КНР в мире и увеличения ее научного потенциала.

Ключевые слова: Китай, экономический рост, факторы экономического роста, статистические методы, НИОКР, статистика НИОКР, публикационная активность, патентная активность, высокотехнологичный экспорт.

JEL: C10, E01, O11, O30, O47.

doi: <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2023-30-4-66-83>.

Для цитирования: Заварухин В.П., Чинаева Т.И., Чурилова Э.Ю. Развитие науки и экономический рост: статистико-аналитический обзор (на примере Китая). Вопросы статистики. 2023;30(4):66–83.

Development of Science and Economic Growth: Statistical and Analytical Review (Case Study: China)

Vladimir P. Zavarukhin^{a)},
Tatiana I. Chinaeva^{a), b)},
Elvira Y. Churilova^{a), b)}

^{a)} Institute for the Study of Science of the Russian Academy of Sciences (ISS RAS), Moscow, Russia;

^{b)} Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

As long as the Chinese economy moves to the forefront in the world, it's becoming increasingly important to improve the methodology for analyzing its development as well as to identify drivers of its growth. The paper provides a statistical analysis of dynamics of the main indicators characterizing the scientific sphere of the country in 2005–2019: number of R&D personnel; gross domestic expenditures on R&D; patent and publication activities of Chinese scientists. In addition, the relationship between the size of the country's GDP and its high-tech exports was analyzed. For the purpose of studying the indicators in their dynamics a regression analysis based on the Chinese official statistical data was carried out.

The paper also presents a forecast of the scale and effectiveness of the China's scientific activity for the period 2022–2024 according to which, while maintaining the existing trends in the development of science and the economy, an increase in the volume of domestic expenditures on R&D is expected in 2024 (more than 3.284 trillion yuan) as well as in the number of issued patents (more than 537 thousand) and in the number of published scientific articles (more than 2.22 million). The carried-out analysis showed the existence of a close relationship between the country's economic growth and the dynamics of its exports of high-tech products. According to the forecast, while maintaining the existing trends in the development of the economy and high-tech exports, the projected values of Chinese GDP are in 2022 – 18.6 trillion US dollars, in 2023 – 20.3 trillion, and in 2024 – 21.7 trillion US dollars.

The results of the study showed that China's rapid economic growth was driven by both large-scale capital investments, high rates of increase in labor productivity, and the successful development of science and innovation in all strategic sectors of the economy. The exponential and parabolic growth of almost all key indicators characterizing personnel and financial components of the research sphere, patent, and publication activities, makes it possible to draw a conclusion on strengthening the leadership in the economic position of the People's Republic of China in the world and increasing its scientific potential.

Keywords: China, economic growth, factors of economic growth, statistical methods, research and development (R&D), R&D statistics, publication activity, patent activity, high-tech export.

JEL: C10, E01, O11, O30, O47.

doi: <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2023-30-4-66-83>.

For citation: Zavarukhin V.P., Chinaeva T.I., Churilova E.Y. Development of Science and Economic Growth: Statistical and Analytical Review (Case Study: China). *Voprosy Statistiki*. 2023;30(4):66–83. (In Russ.)

Не только китайская экономика, но и китайская наука демонстрируют необычайно высокие темпы роста; интерес к Китаю со стороны мировой общественности с каждым годом увеличивается. Исследования инновационных возможностей Китая приобретают в настоящее время особую актуальность: они позволяют в некоторой степени спрогнозировать дальнейшее экономическое развитие страны, предопределить влияние ее науки на мировую науку. Положительный опыт Китая в области экспериментальных разработок требует особого изучения [1]. За экономическим ростом Китая с интересом наблюдают другие страны [2]. Что позволило стране добиться столь высоких научных успехов – вопрос, ответ на который ищут многие исследователи. Не остался в стороне и авторы данной работы.

В статье [3] отмечается, что Китай достиг небывалого экономического роста, несмотря на относительно низкую эффективность работы управленческих структур в области науки. Авторы ряда публикаций [4 и 5] считают, что одно из объяснений данного феномена кроется в особом качестве человеческого капитала. Так, рассматривая взаимосвязь между институтами, экономическим ростом и человеческим капиталом, они обнаруживают, что последний является решающим фактором в развитии экономики Китая, хотя роль институтов также существенна, но она косвенная: повышение эффективности их работы приводит к росту среднедушевого ВВП, который улучшает

в свою очередь человеческий капитал. К практически такому же выводу приводят исследования и по другим странам мира [7].

Анализ основных показателей, характеризующих состояние и развитие научно-технологической сферы Китая

Качество человеческого капитала во многом определяется уровнем развития научной и образовательной сфер страны. Китаю принадлежит первое место в мире по численности персонала, занятого исследованиями и разработками (ИР); в 2019 г. значение показателя составило 4,80 млн человеко-лет в эквиваленте полной занятости, из них 42,7% (2,05 млн человеко-лет) составляет удельный вес исследователей¹. Для сравнения: практически такая же численность исследователей наблюдается во всем Европейском союзе; в США она ниже и составляет около 1,43 млн человеко-лет.

Наиболее высокие темпы роста наблюдались в период 2005–2010 гг., когда численность занятых исследованиями и разработками в Китае возросла в 1,9 раза, при этом среднегодовой темп прироста составлял около 13% на протяжении всего рассматриваемого периода. В 2015 г. по сравнению с 2010 г. численность занятых ИР возросла в 1,47 раза; ежегодный средний темп прироста составил 8%; в 2019 г. по сравнению

¹ China Statistical Yearbook 2020. URL: <http://www.stats.gov.cn/sj/ndsj/2020/indexeh.htm>.

с 2015 г. показатель вырос в 1,28 раза (среднегодовой темп прироста — 6,3%). Несмотря на замедление темпов роста, на долю Китая приходится 35% мирового персонала, занятого наукой.

Удельный вес исследователей в общей численности занятых ИР в определенной степени позволяет судить об уровне и степени развития научного потенциала страны. В Китае этот показатель в 2019 г. составил около 43%; в среднем на мировом уровне его значение колеблется в диапазоне 40–60%. Наибольшая часть китайских исследователей сосредоточена в предпринимательском секторе науки — 61,3%. Около 19,8% приходится на государственный сектор и 18,9% — на сектор высшего образования (данные 2018 г.). Как показывает мировая практика, наиболее эффективно наука развивается именно в предпринимательском секторе; по такому пути идут Республика Корея и Израиль, где в этом секторе занято более 80% исследователей; ОАЭ, Япония, США, Швеция (занято более 70% исследователей) и Нидерланды (69,1%). Если обратиться к динамике распределения численности персонала, занятого ИР, по секторам науки в Китае, то можно заметить, что удельный вес предпринимательского сектора вырос на 4,1% в 2018 г. по сравнению с 2005 г.

Китай имеет нетипично большую, по сравнению с другими странами, численность населения. Чтобы исключить влияние размерности и охарактеризовать научные кадры более точно, использовались относительные величины. Если рассматривать показатель численности персонала, занятого ИР, в расчете на 10 000 занятых в экономике, то увидим, что Китай уступает европейским странам, США и России. В 2019 г. в Китае приходилось всего 56 человек, занятых ИР, на 10 000 занятых в экономике. Для сравнения: максимальные значения показателя в мире — у Тайваня (229 человек) и Дании (218); минимальное — у Индонезии (6); у России — 106, у США — 98 человек. Численность китайских исследователей в расчете на 10 000 занятых в экономике также значительно ниже, чем в развитых странах мира, — 24 человека, что в 2,3 раза меньше российского показателя и в 6,3 раза ниже значения этого показателя у Дании. В ходе дискуссии на конференции EuroScience Open Forum 2020

в г. Триесте (Италия), организованной Объединенным исследовательским центром Европейской комиссии, приводились данные об отношении внутренних затрат на НИОКР к ВВП у Дании и у региона Пекина, сопоставимого с Данией. В результате у Пекина этот показатель выше в 1,8 раза², чем у Дании, то есть в распределении по регионам обеспеченность научными ресурсами в Китае весьма неоднородна.

В 2021 г. удельный вес численности женщин в общей численности научных кадров Китая составлял около 46%, что по сравнению со среднемировым уровнем (30%) является достаточно высоким значением. По сообщению Дж. Дуррани³, женщинам Китая приходится преодолевать значительные карьерные барьеры в научной сфере, впрочем, как и во всем мире. Также в этом сообщении подчеркнуто, что среди членов Китайской академии наук только 6% — женщины. Для улучшения ситуации Министерство науки и технологий Китая объявило о ряде новых мер по поддержке карьерного роста женщин в науке. Исследование межстрановых гендерных различий показало, что Китай в последние годы нацелен на активное вовлечение женской части своего населения во все сферы деятельности [8]. В исследовании [9] отмечается, что данные выборочных обследований выявили, что женщины-директора показывают более высокую эффективность в области внедрения инноваций.

Наука Китая не интернациональна: среди научных сотрудников мало иностранных ученых, которым трудно строить карьеру, особенно в университетах и государственных научно-исследовательских институтах. По своей замкнутости Китай близок к Японии и Южной Корее [10].

Распределение персонала, занятого ИР, по видам исследований (фундаментальные, прикладные и экспериментальные разработки) за период 2005–2019 гг. претерпело некоторое изменение: акцент сместился в сторону экспериментальных разработок (почти 80% всего персонала в 2019 г.) в основном за счет уменьшения доли занятых прикладными исследованиями. Так, если в 2005 г. прикладными исследованиями занимались почти 22% научных работников, то в 2019 г. на них уже приходилось около 13% — уменьшение почти

² Schwaag S. et al. What Do China's Scientific Ambitions Mean for Science—and the World? // *Issues in Science and Technology*. April 5, 2021. URL: <https://issues.org/what-do-chinas-scientific-ambitions-mean-for-science-and-the-world/>.

³ Durrani J. China Unveils New Measures to Boost the Number of Women in Science // *Chemistry World*. July 28, 2021. URL: <https://www.chemistryworld.com/news/china-unveils-new-measures-to-boost-the-number-of-women-in-science/4014053.article>.

вдвое. Удельный вес занятых фундаментальными исследованиями в 2013–2014 гг. достиг своего минимума — 6,3%, но к 2019 г. вернулся на позиции 2005 г. (более 8%), что согласуется со стремлением руководства Китая поддержать эту научную область. Так, по мнению профессора Цун Цао, «политическое и научное руководство Китая осознано, что стремление страны к инновациям может оказаться под угрозой без прорывов в фундаментальных исследованиях»⁴ (перевод наш. — В. З., Т. Ч., Э. Ч.). О возврате интереса к ним свидетельствует, например, открытие в 2018 г. в Пекине Китайского института исследований мозга⁵.

Что касается размера внутренних затрат на исследования и разработки, то, по данным официальной статистики Китая, в 2019 г. они составили более 2,2 трлн юаней. Газета «Жэньминь жибао» от 3 марта 2021 г. сообщила об увеличении затрат до 2,4 трлн юаней в 2020 г. (372 млрд долларов США), что на 8,4% больше, чем в предыдущем году. Значение показателя высокое, сопоставимое со значениями Европейского союза, практически приближается к уровню США.

Науку Китая в основном финансирует предпринимательский сектор, который обеспечивал в 2019 г. 76,6% от всех внутренних затрат на ИР. Интерес представляет исследование китайских ученых об эффективности инноваций в государственном и предпринимательском секторах, которое показало, что у запатентованных внедренных изобретений государственных предприятий Китая, как правило, более низкая стоимость по сравнению со стоимостью внедренных изобретений частных и иностранных фирм⁶.

Начиная с 2005 г. доля государства в финансировании исследований и разработок в Китае постоянно сокращалась и достигла в 2019 г. 20,2% (по сравнению с 2005 г. сократилась на 6,4%). При этом иностранные источники финансирования играют незначительную роль; их доля в науке на протяжении последних 15 лет не превышает 1%, причем если в 2014 г. она была равна 0,9, то в 2019 г. — 0,4%. Правительство Китая старается всеми способами уменьшить иностранное влияние во всех сферах научной жизни страны.

Так, при оглашении в 2015 г. программы «Сделано в Китае 2025», направленной на приоритетное развитие передовых высокотехнологичных отраслей, было сказано: «Нынешнее политическое руководство желает уменьшить эту зависимость от зарубежных ключевых технологий»⁷ (перевод наш. — В. З., Т. Ч., Э. Ч.).

Рассматривая распределение затрат на ИР по областям наук, можно заметить, что наибольшая доля принадлежит техническим наукам — на них приходилось 70,8% всех затрат в 2019 г. (по сравнению с 2014 г. показатель снизился на 9,9%). Минимальную долю составляют затраты на ИР в медицинских науках — 4,1 и 3,4% в 2014 и 2019 гг. соответственно. Для сравнения: в мире самая высокая доля затрат на исследования и разработки в области медицинских наук в общем объеме ИР у Сингапура — около 20% в 2019 г. Затраты на ИР для сельскохозяйственных наук в Китае в 2019 г. составляли 7,1% от всех затрат на исследования и разработки, что по сравнению с остальными странами относительно неплохо (в мире показатель более 10% считается высоким). На финансирование ИР в области общественных и гуманитарных наук в Китае приходится небольшая часть общих затрат — около 2% (2019 г.)⁸. Таким образом, тенденции распределения финансовых средств по направлениям науки до 2020 г. были следующие: увеличивалось финансирование ИР в области естественных и сельскохозяйственных наук за счет снижения долей, приходящихся на ИР в сфере технических и медицинских наук. Однако можно предположить, что печальные события, связанные с пандемией COVID-19, заставят правительство Китая увеличить долю средств, предназначенных на медицинские исследования.

По отношению к ВВП внутренние затраты на исследования и разработки в Китае составили в 2019 г. 2,23%; это наиболее высокое значение показателя за последние 15 лет (выше на 0,91% уровня 2005 г.) и примерно соответствует среднемировому уровню. Для сравнения: в России в 2018 г. — около 1%; наибольшая доля в мире принадлежит Израилу — 5%. За рассматриваемый период (2005–2019 гг.) удельный вес в ВВП

⁴ Cyranoski D. Chinese Leaders Create Science Mega-Ministry // Nature. 20 March 2018. URL: <https://www.nature.com/articles/d41586-018-03246-w>.

⁵ Cyranoski D. Beijing Launches Pioneering Brain-Science Centre // Nature. 5 April 2018. URL: <https://www.nature.com/articles/d41586-018-04122-3>.

⁶ Made in China 2025. URL: <https://www.csis.org/analysis/made-china-2025>; <https://english.www.gov.cn/2016special/madeinchina2025/>.

⁷ Made in China 2025. URL: <http://english.www.gov.cn/2016special/madeinchina2025/>.

⁸ Показатели развития российской науки и мирового научного сообщества: аналитико-стат. сб. М.: ИПРАН РАН, 2020. doi: <https://dx.doi.org/10.37437/9785912941566-21-sb1>.

внутренних затрат на исследования и разработки в Китае характеризовался поступательным ростом.

Внутренние затраты на исследования и разработки в расчете на одного исследователя за период 2005–2019 гг. увеличились в Китае в 2,7 раза, со среднегодовым темпом прироста около 7,3%. В 2019 г. они составили 249,2 тыс. долларов США. Насколько это много или мало, можно судить по следующим цифрам. Так, наибольшие затраты в расчете на одного исследователя наблюдаются в ОАЭ – около 400 тыс. долларов США; в России этот показатель более чем в два раза меньше китайского – 103,2 тыс. долларов США.

Однако при сопоставлении стоимостных показателей Китая с показателями других стран следует сделать одно замечание. Существует большое и давнее (свыше 20 лет) различие между официальным обменным курсом юаня к доллару США и ППС двух валют (курс юаня намного выше). В связи с этим могут присутствовать расхождения в значениях показателей, предоставляемых официальной статистикой Китая, и их оценками в международных организациях.

Большой интерес при анализе научной деятельности представляет патентная активность страны, которая не только служит индикатором развития науки, но и характеризует технологическую независимость от других стран. Для Китая это особенно важно, так как долгое время он интенсивно импортировал иностранные технологии. Современный Китай демонстрирует быстрый рост количества патентов, нацеленных как на внутренний рынок, так и на международный. Невзирая на то, что большая часть патентов не относится к передовым технологиям, их влияние на конкурентную международную среду достаточно велико [11].

Данные Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС) показывают, что за 15 лет (2005–2019 гг.) объем патентных заявок, поданных национальными заявителями в Китае, увеличился почти в 15 раз. Таким образом, в 2018 г. в мире 42,9% патентных заявок на изобретения, поданных национальными заявителями в стране и за рубежом, приходилось на Китай [16] и только 22,5% на США. В настоящее время Китай является абсолютным мировым лидером в этой области. Впечатляют темпы достижения столь высокого результата: в 2005 г.

значение данного показателя составляло лишь 5,8% от общего мирового числа патентных заявок на изобретения, но уже в 2011 г. Китай обогнал Японию и США. Государственное ведомство по интеллектуальной собственности Китая (SIPO) в 2018 г. по числу поданных заявок (526,4 тыс.) опередило Ведомство по патентам и товарным знакам США (503,6 тыс.), Японское патентное ведомство (342,6 тыс.) и Корейское ведомство по интеллектуальной собственности (178,9 тыс.).

В Китае на национальных заявителей в структуре всех поданных в стране патентных заявок на изобретения (коэффициент самообеспеченности) приходится 88,8%; на иностранных – 11,2% (у США – 45,9 и 54,1% соответственно; у России – 65,7 и 34,3%). Высокая доля патентных заявок от национальных заявителей – залог экономического процветания страны. Однако есть исследователи, которые утверждают, что лишь треть китайских патентных заявок достигают международного эталона качества [12], под которым понимается дальнейшая коммерческая выгодность патента, его практическая ценность для экономики.

Кроме того, при международных сопоставлениях показателей патентной активности следует иметь в виду, что в разных странах могут различаться правовые, временные и финансовые нормы, как и условия регистрации патентов и их обслуживания.

Период 2005–2019 гг. характеризовался в Китае высокими темпами роста коэффициента изобретательской активности, представляющего собой число национальных патентных заявок в расчете на 10 000 человек населения: в 2005 г. его значение составляло 0,71; в 2019 г. – 9,5 (среднегодовой темп прироста показателя – 20,3%). Лидером по коэффициенту изобретательской активности населения в мире является Швейцария (53,6 в 2019 г.); у США значение коэффициента в 2019 г. составляло 15,9 [11].

Коэффициент зависимости, получаемый как соотношение числа иностранных и национальных патентных заявок на изобретения, в 2019 г. в Китае составил 0,126 (в США – 1,180). Значение низкое, оно соответствует политике правительства Китая, направленной на уменьшение научного иностранного влияния в рамках программы «Сделано в Китае 2025», поэтому, вероятнее всего, данный коэффициент увеличиваться не будет⁹.

⁹ Made in China 2025.

В 2019 г. в национальное патентное ведомство Китая было подано 93,7% всех заявок на изобретения и только 6,3% поданы в зарубежные патентные ведомства. Коэффициент распространения, определяемый на основе соотношения этих величин, составил 0,067 (один из самых низких показателей в мире; для сравнения: самый высокий у Израиля — выше 9), что говорит, с одной стороны, о недостаточном интересе мировой научной общественности к китайским изобретениям, а с другой — о низкой активности страны во взаимодействии с остальным миром.

Надо сказать, что Китай не спешит сотрудничать в сфере инноваций с иностранными партнерами; кроме того, появляются данные исследований о том, что прямые иностранные инвестиции могут стимулировать получение патентов низкого качества [13], а совместные патенты, находящиеся во владении нескольких стран, имеют меньшую степень коммерциализации, чем патенты одной страны [14]. В работе [15] подчеркивается, что прямые иностранные инвестиции перестали играть ключевую роль в экономическом росте Китая.

Государственное ведомство по интеллектуальной собственности Китая — одно из крупнейших мировых патентных ведомств; в 2018 г. на него пришлось 46,4% всех поданных заявок на изобретения в мире. Однако основной объем в нем формируют китайские изобретения, доля заявок от иностранных заявителей имеет устойчивую тенденцию к сокращению [16]. Количество патентов, поданных в Китае, неравномерно распределяется по странам: больше всего патентов из Японии, США и Германии. При этом структура этого распределения, как отмечают в [17], сильно менялась в 1990–2000 гг., но была относительно стабильна в последние два десятилетия.

Начиная с 2015 г. Китай занимает первое место в мире по числу выданных патентов; в 2018 г. их количество составляло более 30% мирового объема (второе место принадлежит США — 22%). По числу действующих патентов Китай находится на втором месте после США (в 2018 г. — 17,2% всех действующих патентов в мире). Динамика показателя стремительно росла: в 2015 г. по сравнению с 2005 г. доля действующих патентов выросла почти в 4 раза; в 2018 г. по сравнению с 2015 г. — в 2,3 раза; за период 2005–2018 гг. среднегодовые темпы прироста составили 18,6%.

Столь успешная патентная система Китая сформировалась в результате создания определенного механизма, предполагающего, с одной стороны, давление на китайских чиновников, чтобы они действовали в соответствии с патентными целями, а с другой — контроля над прозрачностью их действий [18]. Следует заметить, что Китай является мировым лидером не только по патентным заявкам, но и по патентным спорам. В работах [19 и 20] особо отмечается, что в современном мире патентное право стало ключевым фактором, влияющим на конкурентоспособность государства и предприятий.

Публикационная активность ученых и объем цитирований наряду с патентной активностью рассматриваются в качестве показателей, характеризующих результативность научной деятельности страны. Удельный вес публикаций Китая в общемировом числе статей в научных изданиях, индексируемых в Scopus, в 2019 г. составил 23,71%, в Web of Science (WoS) — 22,77%.

Число публикаций в научных журналах международной базы цитирования WoS за период 2005–2019 гг. возросло в 6,9 раза [11].

Исследования зарубежных ученых, основанные на данных WoS, показали, что Китай демонстрировал самые высокие результаты после США по числу публикаций научных работ на протяжении 2010–2018 гг. [21–23]. Если в 2005 г. на Китай приходилось 7,38% общемирового числа публикаций, то в 2019 г. он обошел США и занял первое место с долей 25,28%. Некоторые исследователи [24 и 25] показывают, что Китай в этот период был также лидером по числу научных публикаций в Scopus.

Наибольшая доля публикаций китайских ученых в общем числе публикаций в мире приходится на следующие направления: материаловедение — 39,17% (доля США — 14,78%); технические науки — 32,05 (США — 16,04); химия — 31,4 (США — 14,9); компьютерные науки — 30,85 (США — 19,28); физика — 26,66 (США — 20,05); фармакология и токсикология — 22,49 (США — 21,73) и сельскохозяйственные науки — 19,4% (США — 15,71%).

Одним из критериев оценки научной значимости статей является цитируемость работ. Для Китая в период 2015–2019 гг. число цитирований в расчете на одну публикацию в научных изданиях, индексируемых в WoS, составляло 8,17 ссылки, что превышает средний общеми-

ровой уровень на 19% и составляет 23,38% всего мирового объема цитирования. В научных изданиях Scopus показатели схожие — 7,33 ссылки, что выше среднемирового уровня на 17% и составляет 22,59% от мирового объема¹⁰. Китайское правительство в последние годы уделяет особое внимание проблеме повышения качества публикуемых изданий; не секрет, что в научной среде зачастую предпочитают быстроту публикаций, а не практическую ценность статей [26]. С этой проблемой сталкиваются и другие страны.

Для Китая характерна низкая доля публикаций, написанных в международном соавторстве, — 22,85% в базе Scopus и 25,54% в WoS (2019 г.). Исключения составляют науки о космосе: 59,36% статей в этой области написано китайскими учеными в соавторстве с иностранными исследователями.

Также следует отметить, что существующие на настоящий момент методы оценки результативности науки не являются полностью до-

статочными. Так, обсуждения требует оценка результативности работы ученых по числу их публикаций в базах Web of Science или Scopus. Нужно искать другие критерии оценки, в том числе качественные. Например, как отмечается в работе [11], ими могут быть объемы продаж лицензий как некие доказательства высокого уровня работы ученых. Но как тогда оценивать результативность научной деятельности в области фундаментальных исследований? Очевидно, нужен комплексный подход, дополняющий существующие методики.

Китай занимает передовые позиции в мире по экспорту высокотехнологичных товаров; в 2020 г. значение показателя составило 731,9 млрд долларов США¹¹, или 25% от мирового объема. По сравнению с 2005 г. экспорт высокотехнологичных товаров из Китая увеличился в 3,3 раза (среднегодовые темпы прироста равны 9%). На рис. 1 показана динамика экспорта высокотехнологичной продукции Китая.

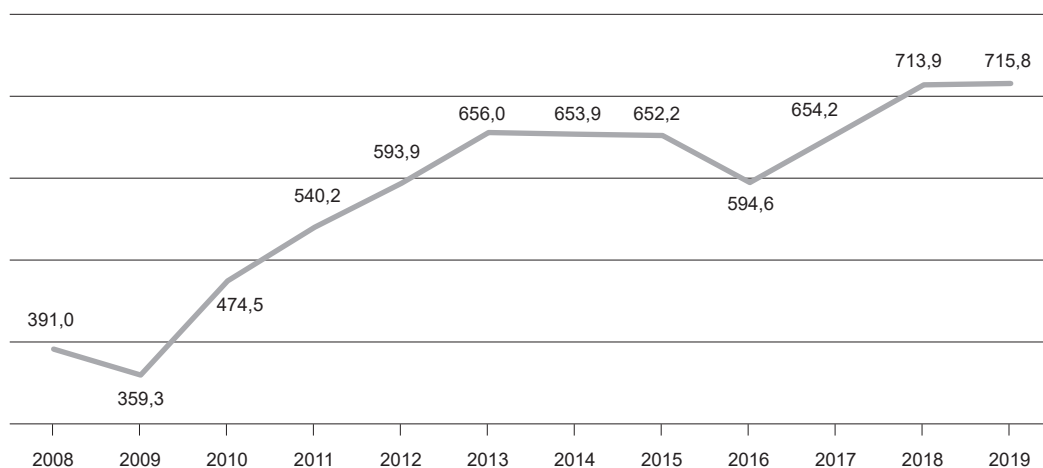


Рис. 1. Экспорт высокотехнологичной продукции из Китая, 2008–2019 годы (млрд долларов США)

Источник: China Statistical Yearbook 2021. URL: <http://www.stats.gov.cn/sj/ndsj/2021/indexeh.htm>.

Можно видеть общую тенденцию роста данного показателя на протяжении всего периода 2008–2019 гг., за исключением двух лет (2009 и 2016 гг.), когда он незначительно снизился.

Доля высокотехнологичной продукции в общем объеме экспорта Китая за период 2008–2019 гг. колебалась в диапазоне 29,4–32,1% (см. рис. 2).

Таким образом, проведенный анализ свидетельствует о динамичном развитии научной сферы Китая, что подтверждается изменением основных показателей, характеризующих его научно-технологическое состояние.

¹⁰ China Statistical Yearbook 2021. URL: <http://www.stats.gov.cn/sj/ndsj/2021/indexeh.htm>.

¹¹ World Development Indicators (WDI), 2020. URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>.

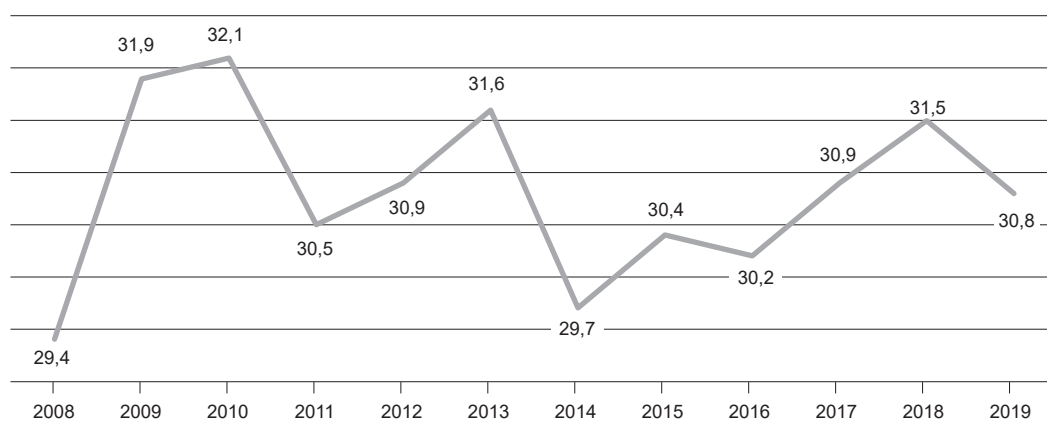


Рис. 2. Удельный вес экспорта высокотехнологичной продукции в общем объеме экспорта из Китая, 2008–2019 годы (в процентах)

Источник: China Statistical Yearbook 2021.

Тенденции развития основных показателей, характеризующих научно-технологическую сферу Китая: поиск модели и прогноз

Основной задачей исследования являлся поиск моделей, описывающих тенденции развития показателей, характеризующих научную сферу Китая, с целью использования их для дальнейшего прогнозирования. Кроме того, была выдвинута и проверена гипотеза о наличии связи между ВВП Китая и экспортом высокотехнологичной продукции.

В качестве регрессионных уравнений, описывающих тенденции развития показателей во времени, использовались функции: линейная $y = b_0 + b_1 t$; логарифмическая $y = b_0 + b_1 \ln(t)$; параболическая $y = b_0 + b_1 t + b_2 t^2$; показательная $y = b_0(b_1)^t$; степенная $y = b_0 t^b$, где в качестве t выступал условный показатель времени ($t = 1, 2, \dots, m$; m — количество уровней динамического ряда). Оценки параметров b_0 и b_1 находились на основе метода наименьших квадратов. Для показательного и степенного регрессионного уравнений проводились процедуры линеаризации (логарифмирование) для приведения уравнений к линейному виду.

Для оценки связи между ВВП Китая (y) и экспортом высокотехнологичной продукции (x) использовалось множественное линейное уравнение регрессии вида $y = b_0 + b_1 x + b_2 t$. Условный показатель времени вводился в модель с целью исключения автокорреляции во взаимосвязанных динамических рядах. С той же целью степень связи между данными показателями оценивалась на основе линейного коэффициента корреляции

Пирсона между значениями, оставшимися после исключения из исходных данных соответствующих трендов: для ВВП использовался линейный тренд, для экспорта высокотехнологичной продукции — степенной.

Значимость регрессионных моделей проверялась по F-критерию Фишера с доверительной вероятностью 0,95. Значимость регрессионных коэффициентов устанавливалась по t-критерию Стьюдента на уровне значимости 0,05. Модели проходили тест Уайта (White test) на гетероскедастичность случайных ошибок. Их наличие приводит к неэффективности оценок, полученных с помощью метода наименьших квадратов, используемого для оценивания регрессионных коэффициентов. Регрессионные остатки также проверялись на их соответствие нормальному закону распределения по критерию Шапиро — Уилка. Отсутствие автокорреляции в остатках определялась по критерию Дарбина — Уотсона.

Пригодность полученных регрессионных моделей для целей прогнозирования оценивалась по скорректированному значению коэффициента детерминации и средней ошибке аппроксимации.

Исходными для анализа являлись официальные данные статистики Китая (China Statistical Yearbook — 2007, 2010, 2015, 2020, 2021) и базы данных ОЭСР — The World Bank Data.

Расчеты проводились с использованием ППП STATISTICA 12.0 [41].

Анализ официальных данных статистики Китая показывает, что на протяжении 2015–2019 гг. в стране происходило интенсивное увеличение расходов на исследования и разработки. На рис. 3 представлена динамика показателя за этот период.

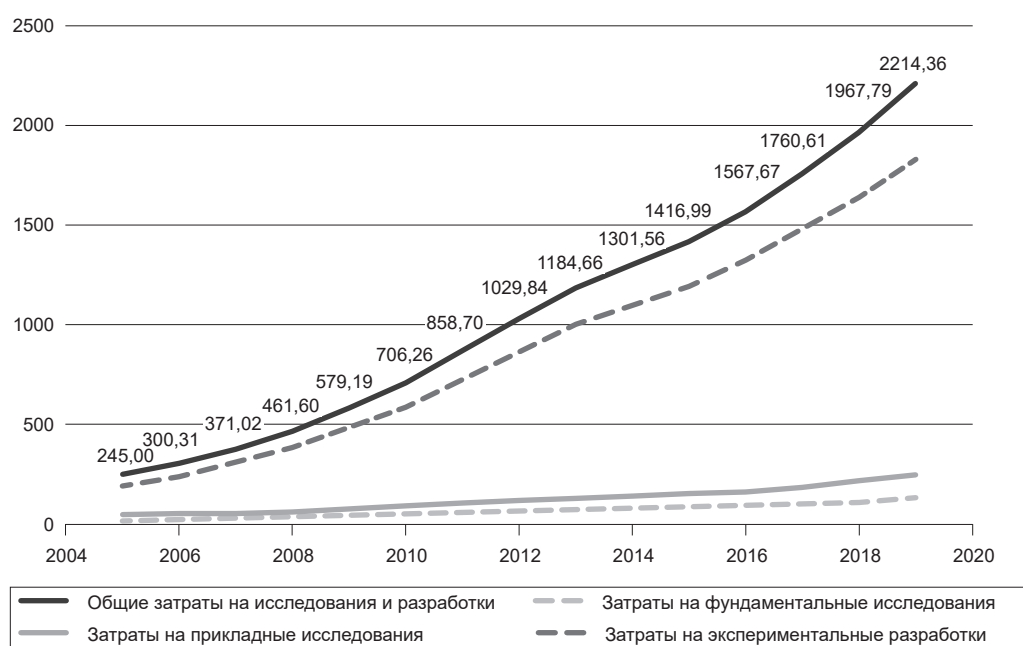


Рис. 3. Динамика расходов на исследования и разработки, 2005–2019 годы (млрд юаней)

Источник: рассчитано авторами на основе данных China Statistical Yearbook 2020.

В структуре затрат на ИР максимальное значение относилось к сфере экспериментальных разработок; в 2019 г. удельный вес затрат на нее составил 82,7% всех затрат; на прикладные исследования приходилось 11,3, на фундаментальные исследования — 6% (см. таблицу 1).

Таблица 1

Структура внутренних затрат на исследования и разработки по видам работ и структура персонала, занятого в НИОКР, 2005–2019 годы (в процентах)

Год	Расходы на исследования и разработки			Численность персонала, занятого в НИОКР, в эквиваленте полной занятости		
	фундаментальные исследования	прикладные исследования	экспериментальные разработки	фундаментальные исследования	прикладные исследования	экспериментальные разработки
2005	5,4	17,6	77,0	8,4	21,8	69,8
2006	5,2	16,3	78,5	8,7	20,0	71,3
2007	4,7	13,3	82,0	7,9	16,5	75,6
2008	4,8	12,5	82,7	7,8	14,7	77,5
2009	4,6	12,5	82,9	7,1	13,8	79,1
2010	4,6	12,7	82,7	6,8	13,2	80,0
2011	4,7	11,8	83,5	6,7	12,2	81,1
2012	4,8	11,3	83,9	6,5	11,8	81,7
2013	4,7	10,7	84,6	6,3	11,2	82,5
2014	4,7	10,7	84,6	6,3	11,0	82,7
2015	5,1	10,8	84,1	6,7	11,4	81,9
2016	5,2	10,3	84,5	7,1	11,3	81,6
2017	5,5	10,5	84,0	7,2	12,1	80,7
2018	5,5	11,1	83,4	7,0	12,3	80,7
2019	6,0	11,3	82,7	8,2	12,8	79,0

Источник: рассчитано авторами на основе данных China Statistical Yearbook 2020.

Таким образом, можно предположить, что для науки Китая в течение длительного периода времени в большей степени была характерна нацеленность не на получение новых знаний (фундаментальные и прикладные исследования), а на усовершенствование старых знаний (экспериментальные разработки, адаптирующие уже имеющиеся научные достижения к производству).

В этом заключается основное отличие Китая от многих европейских стран, которые на разработки тратят не более половины от всех затрат на науку и значительно больше внимания уделяют фундаментальным и прикладным исследованиям (например, Швейцария, Нидерланды, Франция, Великобритания и др. страны). Такое соотношение затрат можно объяснить тем, что науку Китая в основном финансирует предпринимательский сектор, заинтересованный именно в практическом применении полученных знаний, что, по нашему мнению, способствовало перераспределению и оттоку средств в 2006–2007 гг. из прикладных исследований в область экспериментальных разработок.

При международных сопоставлениях структуры затрат на исследования и разработки различных стран следует принимать во внимание тот факт, что существующие информационные статистические базы могут быть несопоставимыми из-за различий в отнесении одного и того же вида научной деятельности к разным направлениям затрат (на фундаментальные и прикладные исследования, экспериментальные разработки).

В ходе работы ставились задачи поиска моделей, описывающих тенденции развития основных показателей, характеризующих научную сферу Китая, с целью использования их для дальнейшего прогнозирования (см. таблицу 2).

Динамика показателя внутренних затрат на исследования и разработки наилучшим образом описывается параболической функцией: $y = 140,6899 + 71,0595t + 4,3049t^2$, где t — условный показатель времени со значениями 1, 2, ..., 15. Среднее относительное отклонение расчетных значений от фактических не превышает 3,5%, то есть модель адекватна. Скорректированное значение коэффициента детерминации описывает изменения показателя во времени на 99,7%. Гетероскедастичность отсутствует (на основе теста Уайта); регрессионные остатки не коррелируют между собой (расчетное значение критерия Дарбина — Уотсона выше верхней границы критического интервала). Модель значима по F-критерию Фишера на уровне ниже 0,05; регрессионные коэффициенты значимы по t-критерию Стьюдента на уровне ниже 0,05. Точечные прогнозы на будущие периоды времени дают следующие оценки значений объемов внутренних затрат на исследования и разработки: 2022 г. — 2,814 трлн юаней, 2023 г. — 3,044 трлн и 2024 г. — 3,283 трлн юаней.

Начиная с 2015 г. в Китае происходит постепенное, пока еще мало заметное изменение структуры внутренних затрат на исследования и разработки в сторону увеличения доли фундаментальных исследований с 4,7% в 2014 г. до 6% в 2019 г. Фундаментальные вложения окупаются не так скоро, как вложения в прикладные исследования или разработки, но они позволяют надеяться на национальную самообеспеченность науки страны в будущем. Точечные прогнозы затрат на фундаментальные исследования строились на основе модели: $y = 13,94884 - 0,08529t + 0,50816t^2$. Таким образом, в 2022 г. показатель с 95%-й вероятностью достигнет значения 177,0585 млрд юаней, в 2023 г. — 195,7753 млрд и в 2024 г. — 215,5083 млрд юаней.

Динамика внутренних затрат на прикладные исследования наилучшим образом описывается параболическим уравнением: $y = 38,1742 + 3,6587t + 0,64745t^2$. Точечные прогнозы на будущие периоды времени следующие: 2022 г. — 313,8059 млрд юаней, 2023 г. — 341,4204 млрд и 2024 г. — 370,3298 млрд юаней.

Для описания тенденции изменения внутренних затрат на экспериментальные разработки была подобрана параболическая функция вида: $y = 88,5669 + 67,4861t + 3,14928t^2$, которая дала следующие значения для прогнозов затрат: 2022 г. — 2,323 трлн юаней, 2023 г. — 2,508 трлн, 2024 г. — 2,698 трлн юаней.

Все модели, касающиеся изменения внутренних затрат на исследования и разработки, в том числе по видам затрат, обладают высокими прогнозными свойствами: величины скорректированных значений коэффициентов детерминации составили около 99% или выше, средние ошибки аппроксимации — ниже 5% при допустимых значениях 12–15%.

Импорт высокотехнологичной продукции Китая значительно меньше экспорта, но он продолжает играть важную роль в экономике страны. Изменение показателя происходит по параболической функции: $y = 141,05 + 53,057t - 1,3235t^2$, где t — условный показатель времени со значениями 1, 2, ..., 15. Если предположить, что тенденции динамики импорта высокотехнологичной продукции сохранятся, то можно спрогнозировать следующие его значения: 2022 г. — 667,3 млрд долларов США, 2023 г. — 671,3 млрд и 2024 г. — 672,8 млрд долларов США.

Характеристики моделей* и прогнозов показателей научной деятельности Китая на 2022–2024 годы

Год	Точечное значение прогноза	Доверительные 95%-е границы для прогнозного значения	Параметры качества регрессионных моделей		
			Скорректированное значение коэффициента детерминации, в процентах	Средняя ошибка аппроксимации, в процентах	Расчетное значение критерия Дарбина – Уотсона (критические значения критерия: $d_1 = 1,08$; $d_2 = 1,36$)
<i>Прогноз показателя «Расходы на исследования и разработки» (млрд юаней)</i> Модель: $y = 140,6899 + 71,0595t + 4,3049t^2$ Результаты апробации модели на данных 2020 г.: точечный прогноз показателя: 2 379,695 интервальный прогноз показателя: 2 312,155–2 447,235 фактическое значение показателя: 2 439,31 (значение вошло в доверительный интервал прогноза)					
2022	2 814,547	2 706,583–2 922,511	99,7	3,5	1,394
2023	3 044,887	2 912,740–3 177,035			
2024	3 283,838	3 124,988–3 442,687			
<i>Прогноз показателя «Расходы на фундаментальные исследования» (млрд юаней)</i> Модель: $y = 13,94884 - 0,08529t + 0,50816t^2$ Результаты апробации модели на данных 2020 г.: точечный прогноз показателя: 142,674 интервальный прогноз показателя: 136,6824–148,665 фактическое значение показателя: 146,7 (значение вошло в доверительный интервал прогноза)					
2022	177,0585	167,4809–186,6361	99,3	3,99	1,437
2023	195,7753	184,0523–207,4982			
2024	215,5083	201,4166–229,6000			
<i>Прогноз показателя «Расходы на прикладные исследования» (млрд юаней)</i> Модель: $y = 38,1742 + 3,6587t + 0,64745t^2$ Результаты апробации модели на данных 2020 г.: точечный прогноз показателя: 262,46 интервальный прогноз показателя: 247,91–277,01 фактическое значение показателя: 275,72 (значение вошло в доверительный интервал прогноза)					
2022	313,8059	290,5453–337,0665	98,6	4,7	1,396
2023	341,4204	312,9495–369,8913			
2024	370,3298	336,1061–404,5535			
<i>Прогноз показателя «Расходы на экспериментальные разработки» (млрд юаней)</i> Модель: $y = 88,5669 + 67,4861t + 3,14928t^2$ Результаты апробации модели на данных 2020 г.: точечный прогноз показателя: 1 974,559 интервальный прогноз показателя: 1 920,328–2 028,791 фактическое значение показателя: 2 016,89 (значение вошло в доверительный интервал прогноза)					
2022	2 323,682	2 236,993–2 410,372	99,72	3,7	1,483
2023	2 507,692	2 401,584–2 613,799			
2024	2 698,001	2 596,315–2 799,687			
<i>Прогноз показателя «Объем импорта высокотехнологичной продукции» (млрд долларов США)</i> Модель: $y = 141,05 + 53,057t - 1,3235t^2$ Результаты апробации модели на данных 2020 г.: точечный прогноз показателя: 651,144 интервальный прогноз показателя: 583,694–718,593 фактическое значение показателя: 682,1 (значение вошло в доверительный интервал прогноза)					
2022	667,260	559,442–775,079	95,3	4,9	1,734
2023	671,348	539,378–803,318			
2024	672,789	514,153–831,425			

Год	Точечное значение прогноза	Доверительные 95%-е границы для прогнозного значения	Параметры качества регрессионных моделей		
			Скорректированное значение коэффициента детерминации, в процентах	Средняя ошибка аппроксимации, в процентах	Расчетное значение критерия Дарбина – Уотсона (критические значения критерия: $d_1 = 1,08$; $d_2 = 1,36$)
<i>Прогноз показателя «Объем экспорта высокотехнологичной продукции» (млрд долларов США)</i> Модель: $y = 210,6t^{0,469}$					
Результаты апробации модели на данных 2020 г.: точечный прогноз показателя: 772,9 интервальный прогноз показателя: 723,6–825,7 фактическое значение показателя: 776,3 (значение вошло в доверительный интервал прогноза)					
2022	816,823	760,698–877,089	95,9	5,5	1,591
2023	837,799	778,322–901,820			
2024	858,195	795,389–925,961			
<i>Прогноз показателя «Количество патентных заявок» (единиц)</i> Модель: $y = 177\,663,5\ln(t) + 254\,618,3$					
Результаты апробации модели на данных 2020 г.: точечный прогноз показателя: 487 482 интервальный прогноз показателя: 443 160–531 803 фактическое значение показателя: 530 127 (значение вошло в доверительный интервал прогноза)					
2022	513 151	464 466–561 737	93,3	4,4	1,369
2023	525 548	473 247–577 850			
2024	536 763	481 134–592 392			
<i>Прогноз показателя «Объем выпуска научных статей» (единиц)</i> Модель: $y = 975,7714 + 62,2286t$					
Результаты апробации модели на данных 2020 г.: точечный прогноз показателя: 1 971 429 интервальный прогноз показателя: 1 889 069–2 053 789 фактическое значение показателя: 1 950 245 (значение вошло в доверительный интервал прогноза)					
2022	2 095 886	2 001 742–2 190 030	94,5	3,7	1,309
2023	2 158 114	2 055 979–2 260 249			
2024	2 220 343	2 110 118–2 330 567			
<i>Прогноз показателя «Объем публикаций по науке и технике» (единиц)</i> Модель: $y = 40\,484,75 + 902,74t$					
Результаты апробации модели на данных 2020 г.: точечный прогноз показателя: 54 928 интервальный прогноз показателя: 52 823–57 034 фактическое значение показателя: 49 634 (значение не вошло в доверительный интервал прогноза)					
2022	56 734	54 211–59 257	83,3	3,0	1,327
2023	57 637	54 900–60 373			
2024	58 539	55 586–61 493			
<i>Прогноз показателя «Валовой внутренний продукт» (трлн долларов США)</i> Модель: $y = 1910,676 + 0,014x^2 + 24,055t^2$, x – объем экспорта высокотехнологичной продукции					
Результаты апробации модели на данных 2020 г.: точечный прогноз показателя: 17,64 интервальный прогноз показателя: 16,84–18,44 фактическое значение показателя**: 17,73 (значение вошло в доверительный интервал прогноза)					
2022	18,96	18,01–19,90	99,1	5,0	1,308
2023	20,32	19,19–21,45			
2024	21,73	20,41–23,06			

* Модели значимы на основе F-критерия Фишера на уровне значимости ниже 0,05; регрессионные коэффициенты значимы по t-критерию Стьюдента на уровне ниже 0,05. Регрессионные остатки подчиняются нормальному закону распределения на основе теста Шапиро – Уилка. Автокорреляция остатков и гетероскедастичность отсутствуют.

** По данным The World Bank. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=CN>.

Источник: China Statistical Yearbook 2020.

Об инновационном прогрессе страны можно судить по интенсивности экспорта высокотехнологичной продукции. Несмотря на то, что в 2019 г. торговая война Китая с США была в полном разгаре, это не помешало ему увеличить экспорт высокотехнологичной продукции и занять 16-ю строчку в соответствующем мировом рейтинге (США — на 11-м месте; на первом месте с 2000 г. находится Япония). Как показали расчеты, наилучшей (среди моделей линейного, параболического, логарифмического, экспоненциального и степенного видов) моделью, описывающей динамику экспорта высокотехнологичной продукции, является степенная функция: $y = 210,6t^{0,469}$. Регрессионные параметры находились на основе методов линеализации степенной функции. Модель имеет высокие прогностические свойства (скорректированное значение коэффициента детерминации составило 95,9%; средняя ошибка аппроксимации — 5,5%). Таким образом, с вероятностью 0,95 можно было ожидать следующие объемы экспорта высокотехнологичной продукции Китая: в 2022 г. — 816,8 млрд долларов США, в 2023 г. — 837,8 млрд и в 2024 г. — 858,2 млрд долларов США.

Интерес представляет оценка влияния экспорта высокотехнологичной продукции Китая на его ВВП. Для оценки связи в ходе работы был рассчи-

тан линейный коэффициент корреляции Пирсона между остатками показателей после исключения из них соответствующих трендов. Коэффициент корреляции получился равным 0,835; он значим на уровне 0,05 по t-критерию Стьюдента. Таким образом, можно сделать вывод, что экспорт высокотехнологичной продукции оказывает существенное влияние на изменение ВВП страны. Наилучшими свойствами для описания взаимосвязи ВВП Китая с экспортом высокотехнологичной продукции обладает параболическое уравнение множественной регрессии: $y = 1910,676 + 0,014x^2 + 24,055t^2$, в котором x — объем экспорта высокотехнологичной продукции, t — условный показатель времени, введенный в модель с целью исключения автокорреляции уровней. При сохранении тенденций развития показателей в 2022 г. ВВП Китая с вероятностью 0,95 мог бы достигнуть значения 18,957 трлн долларов США, в 2023 г. — 20,324 трлн и в 2024 г. — 21,733 трлн долларов США.

Быстро росло (со средними темпами прироста 27,2% за год) количество патентных заявок на изобретения, поданных национальными и иностранными заявителями в патентные ведомства Китая, но в 2019 г. произошло снижение этого показателя на 9,2% по сравнению с предыдущим годом за счет уменьшения активности иностранных заявителей (см. рис. 4).

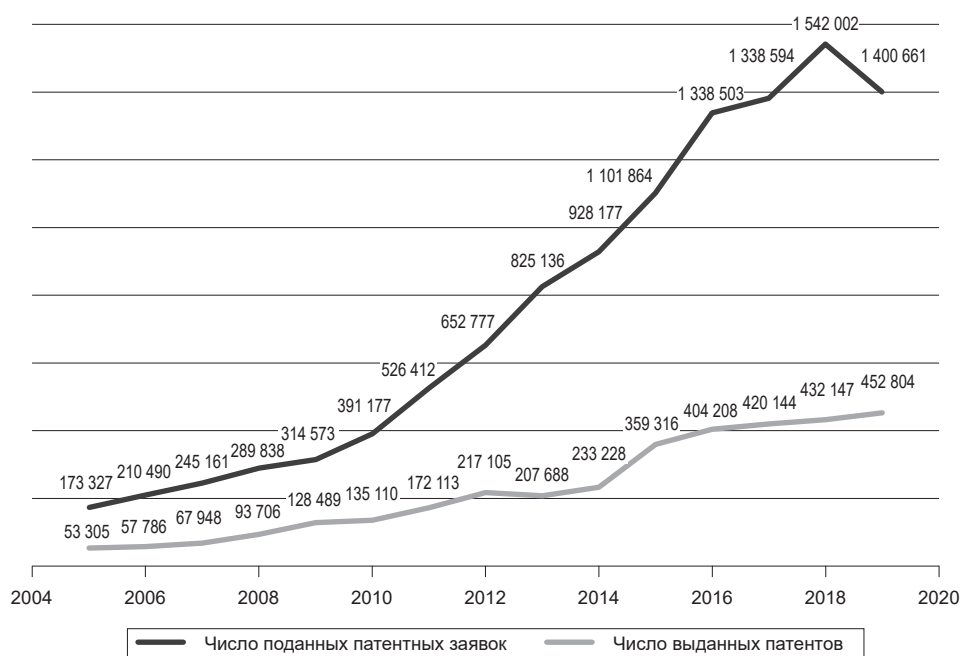


Рис. 4. Изменение количества патентных заявок на изобретения, поданных национальными и иностранными заявителями в патентные ведомства Китая, и числа выданных патентов за период 2005–2019 годы (единиц)

Источник: составлено авторами на основе данных China Statistical Yearbook 2020.

Наибольший интерес представляет изменение числа выданных патентов. Их количество с 2005 по 2019 г. увеличилось в 8,08 раза. Однако тенденции роста на протяжении этого периода были различные: в период 2005–2012 гг. количество выданных патентов линейно увеличилось в 4,1 раза; в 2013 г. произошел некоторый провал показателя на 4,3%; затем, начиная с 2014 г., показатель продолжил дальнейший рост по логарифмической функции, приведший в 2019 г. к увеличению показателя в 2,2 раза по сравнению с 2013 г. В ходе исследования был построен прогноз количества патентов на период 2022–2024 гг. при условии со-

хранения тенденции роста периода 2014–2019 гг., описываемой логарифмической функцией. Таким образом, в соответствии с прогнозом в 2022 г. будет выдано 513 тыс. патентов, в 2023 г. — 525 тыс. и в 2024 г. — 536 тыс. патентов.

Однако за рубежом китайские изобретения патентуются довольно редко, хотя число «триадных» патентных семей, то есть патентных заявок, поданных одновременно в патентные ведомства ЕС, США и Японии, за период 2005–2018 гг. увеличилось в 17,5 раза (см. рис. 5), но в общем числе выданных патентов продолжают занимать небольшую долю — менее 2%.

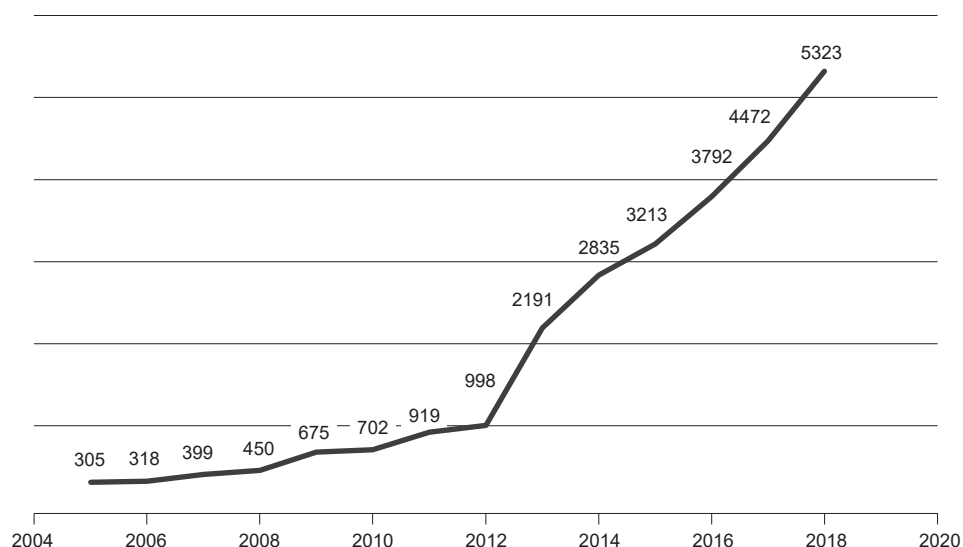


Рис. 5. Изменение числа «триадных» патентных семей Китая в 2005–2018 годах (единиц)

Источник: составлено авторами на основе данных China Statistical Yearbook 2010. URL: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2010/indexeh.htm>; China Statistical Yearbook 2015. URL: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2015/indexeh.htm>; China Statistical Yearbook 2020.

В развитии показателя прослеживаются две тенденции: одна — с 2005 по 2012 г. и другая — с 2013 по 2018 г. С 2012 до 2018 г. идет резкое увеличение числа «триадных» патентных семей (более чем в пять раз).

Данные об исследовании публикационной активности Китая следующие. Число опубликованных научных статей (Scientific Papers Issued) с 2005 по 2019 г. возросло в 2,07 раза, увеличиваясь ежегодно в среднем на 6% с разными ускорениями на протяжении всего периода: с 2005 по 2010 г. — на 8,6%; с 2011 по 2015 г. — на 2,2; с 2016 по 2019 г. — на 5,7%. Для описания тенденции изменения показателя наименьшую ошибку аппроксимации (3,7%) дала линейная функция $y = 975,7714 + 62,2286t$. Статистические характеристики модели приводятся в таблице 2. Точеч-

ные прогнозные значения количества научных публикаций следующие: 2022 г. — 2 095 886 статей, 2023 г. — 2 158 114 и 2024 г. — 2 220 343 статей.

Отдельно рассматривались публикации ученых Китая по науке и технике (Publication on S&T). Их количество за 2005–2019 гг. возросло в 1,3 раза со среднегодовыми темпами прироста 1,8%. Для описания тенденции показателя в динамике была выбрана линейная модель — как обладающая лучшими статистическими характеристиками. Прогнозные значения показателя по модели следующие: в 2022 г. — 56 734 публикации, в 2023 г. — 57 637 и в 2024 г. — 58 539 публикаций. Однако апробация модели на данных 2020 г. не дала положительного результата, фактическое значение не попало в доверительный интервал прогноза (см. таблицу 2). Кроме того, зафиксировано

значительное падение показателя (до 49 634 публикаций), что полностью противоречит общей тенденции его динамики. Данный процесс можно объяснить тремя причинами. Во-первых, негативным влиянием пандемии коронавируса в 2020 г., во время которой происходила массовая самоизоляция и приостановление трудовой деятельности населения (тогда разницу между прогнозным и фактическим значениями можно расценивать как некую оценку негативного влияния пандемии на научную публикационную деятельность). Во-вторых, в условиях все более возрастающей конкуренции в сфере науки и технологий для стран предпочтительнее становится не печатать все научные работы, относящиеся к области техники и технологий. Если последнее предположение окажется верным, то разница между фактическим и прогнозным значениями показателя может использоваться как определенная оценка реальной научной деятельности страны в области техники и технологий. Третья причина может состоять в формальном отнесении той или иной публикации к соответствующему разделу науки: в определенные моменты времени содержание той или иной публикации может оцениваться по-разному. Такие несоответствия в итоге влияют на суммарное значение показателя.

Перспективы развития науки в Китае

При анализе основных показателей, при помощи которых оценивается обеспечение финансированием и кадрами науки Китая, возникает ряд спорных мнений. По сравнению с другими странами у Китая низкие показатели затрат на НИОКР в расчете на одного исследователя, числа исследователей в расчете на 10 000 занятых в экономике, достаточно умеренная оплата труда ученых по сравнению со странами ЕС и США и некоторые другие. Но при этом стране удалось выйти в мировые лидеры во многих областях науки. Причем Китай — лидер не только во многих предметных областях, но и по общей результативности патентной и публикационной активности. Каким образом стране удастся сохранять столь высокую эффективность науки — этот вопрос требует дальнейшего изучения. По нашему мнению, причина заключается в специфическом управлении, осуществляемом Коммунистической партией Китая и его правительством. В связи с этим интересно проанализировать опыт руководства

научной и инновационной деятельностью в стране на каждом уровне власти. Психологические особенности поведения китайского населения, а именно: беспрекословное подчинение китайцев государственной власти, организованность, ответственность и работоспособность — в конечном итоге приводят к высокой производительности труда, в том числе и в научной сфере.

Другой дискуссионный момент касается направлений развития науки: как Китай будет восполнять нехватку фундаментальных исследований, затормозит ли это его экономическое развитие, и если да, то через какое время? Известно, что фундаментальные науки являются основой для развития прикладных исследований и экспериментальных разработок; их недостаток или отсутствие имеют негативные последствия для всей инновационной деятельности страны.

Также пока неясно, как повлияет на развитие китайской науки сокращение (ограничения) международного сотрудничества. Китайское правительство взяло курс на независимость своей науки от других государств: уменьшаются иностранные инвестиции, отдается предпочтение сотрудникам-китайцам, делаются попытки создать собственные бренды, высокотехнологичная продукция направляется преимущественно на внутреннее потребление, сокращаются темпы роста импорта технологий. Хотя руководство Китая и заявляет, что принятая программа «Сделано в Китае 2025» не направлена на ущемление иностранного влияния в стране, но по факту международное сотрудничество, в том числе и в области науки, сокращается. Нельзя сказать, что взятый курс на самодостаточность является для Китая негативным опытом, однако международная интеграция по отдельным направлениям деятельности могла бы быть для страны продуктивнее национальной обособленности.

Указанные аспекты развития китайской науки требуют дальнейшего тщательного изучения.

* *
*

Как было сказано выше, в 2005–2019 гг. Китай продемонстрировал не только успешное развитие экономики, но и значительные успехи науки. Анализ официальных статистических данных Китая и международных организаций привел к следующим выводам.

Рост внутренних затрат на исследования и разработки, в том числе по видам работ (фундаментальные исследования, прикладные исследования, экспериментальные разработки), описывается параболическими функциями. При сохранении действующих тенденций в 2024 г. можно ожидать увеличения суммарных внутренних затрат на исследования и разработки до 3,284 трлн юаней, внутренних затрат на фундаментальные исследования — до 215,5 млрд, на прикладные исследования — до 370,3 млрд, на экспериментальные разработки — до 2,698 трлн юаней.

Стоимость импорта высокотехнологичной продукции в среднем в 1,17 раза ниже стоимости экспорта; показатель меняется по параболической функции с постепенным замедлением скорости роста; прогноз на 2024 г. — 672,8 млрд долларов США.

Рост экспорта высокотехнологичной продукции происходит по степенной функции. В 2024 г. при сохранении существующей тенденции показатель может достигнуть 858,2 млрд долларов США. Экспорт высокотехнологичной продукции оказался тесно связанным с ВВП страны (коэффициент Пирсона, рассчитанный по регрессионным остаткам показателей после исключения трендов, равен 0,835). При увеличении экспорта высокотехнологичной продукции на 1 млрд долларов США ВВП Китая возрастает в среднем на 0,014 млрд долларов США. Взаимосвязь между ними наилучшим образом описывается параболическим уравнением, в котором также присутствует показатель времени. При сохранении существующих тенденций развития экономики, по нашим расчетам, прогнозное значение ВВП Китая в 2022 г. могло составить 18,957 трлн долларов США.

Увеличение количества выданных патентов происходит по логарифмической функции, к 2024 г. их число может составить 536,8 тысяч патентов. Прогноз количества патентов, поданных одновременно в патентные ведомства ЕС, США и Японии (так называемые патентные семьи) на 2024 г., — 10,6 тысяч патентов; рост по показательной функции.

Линейно меняется общий выпуск научных статей, прогноз по ним на 2024 г. — 2,22 млн единиц. Прогноз по публикациям, касающимся науки и техники, по линейному тренду на 2024 г. — 58,5 тысяч.

Таким образом, проведенный анализ и полученные прогнозы говорят о том, что Китай и в бу-

дущем останется мировым лидером по уровню развития науки. Вклад китайских ученых в мировую науку при существующих тенденциях будет возрастать по крайней мере ближайшие 10 лет.

Литература

1. 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. doi: <https://doi.org/10.21686/2500-3925-2021-2-57-70>.
2. Gani A., Ahmad N. Has Economic Growth of China and India Impacted African Economic Prosperity? // Atlantic Economic Journal. 2020. Vol. 48. Iss. 3. P. 375–385. doi: <https://doi.org/10.1007/s11293-020-09674-2>.
3. Wagner H. China's «Political-Economy Trilemma»: (How) Can it Be Solved? // The Chinese Economy. 2021. Vol. 54. Iss. 5. P. 311–329. doi: <https://doi.org/10.1080/10971475.2021.1875158>.
4. Glawe L., Wagner H. The Deep Determinants of Economic Development in China — A Provincial Perspective // Journal of the Asia Pacific Economy. 2019. Vol. 24. Iss. 4: Chinese Economy: Past, Present and Future. P. 484–514. doi: <https://doi.org/10.1080/13547860.2019.1636610>.
5. Marginson S. National/Global Synergy in the Development of Higher Education and Science in China Since 1978 // Frontiers of Education in China. 2018. Vol. 13. Iss. 4. P. 486–512. doi: <https://doi.org/10.1007/s11516-018-0027-8>.
6. Glawe L., Wagner H. The Role of Institutional Quality and Human Capital for Economic Growth Across Chinese Provinces — A Dynamic Panel Data Approach // Journal of Chinese Economic and Business Studies. 2020. Vol. 18. Iss. 3. P. 209–227. doi: <https://doi.org/10.1080/14765284.2020.1755140>.
7. Churilova E.Y. et al. Influence of World Social and Economic Indicators' Interlinkage on the Development of Human Potential // Journal of International Studies. 2019. Vol. 12. No. 4. P. 79–99. doi: <https://doi.org/10.14254/2071-8330.2019/12-4/6>.
8. Churilova E.U. et al. Financial Inclusion: Gender and Country Differences // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2019. Vol. X. Iss. 6(44). P. 1884–1897. URL: <https://journals.aserspublishing.eu/jarle/article/view/4979>.
9. Chen R. et al. Do Female Directors Enhance R&D Performance? // International Review of Economics & Finance. 2021. Vol. 74. P. 253–275. doi: <https://doi.org/10.1016/j.iref.2021.03.003>.
10. Цао Ц. Китай // Доклад ЮНЕСКО по науке: На пути к 2030 году. Париж, М.: ЮНЕСКО / Изд. Дом МАГИСТР-ПРЕСС, 2016. С. 620–641.
11. Boeing P., Mueller E. Measuring China's Patent Quality: Development and Validation of ISR Indices // China Economic Review. 2019. Vol. 57. Article 101331. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2019.101331>.
12. Chen Z., Zhang J. Types of Patents and Driving Forces Behind the Patent Growth in China // Economic Modelling. 2019. Vol. 80. P. 294–302. doi: <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2018.11.015>.

13. **Li L.** et al. Co-patents' Commercialization: Evidence from China // *Economic Research—Ekonomska Istraživanja*. 2021. Vol. 34. Iss. 1. P. 1709–1726. doi: <https://doi.org/10.1080/1331677X.2020.1845761>.
14. **Zestos G., Guo W., Patnode R.** Determinants of Real Chinese GDP 1978–2014 // *Atlantic Economic Journal*. 2018. Vol. 46. Iss. 2. P. 161–177. doi: <https://doi.org/10.1007/s11293-018-9580-z>.
15. **Huang J.** et al. Technology and Innovation in China: A Patent Citation-based Analysis // *Science Technology and Society*. 2021. Vol. 26. Iss. 2. P. 344–365. doi: <https://doi.org/10.1177/0971721820932020>.
16. **Shi F., Li Y., Xiong W.** Mapping the Distribution of Foreign Applications for Patents in China, 1987–2017 // *Environment and Planning A: Economy and Space*. 2020. Vol. 52. Iss. 5. P. 825–828. doi: <https://doi.org/10.1177/0308518X19868463>.
17. **Cheng W., Drahos P.** How China Built the World's Biggest Patent Office – The Pressure Driving Mechanism // *IIC – International Review of Intellectual Property and Competition Law*. 2018. Vol. 49. Iss. 1. P. 5–40. doi: <https://doi.org/10.1007/s40319-017-0655-1>.
18. **Bian R.** Post-Grant Patent Review in China: An Empirical Analysis // *Queen Mary Journal of Intellectual Property*. 2020. Vol. 10. Iss. 3. P. 339–375. doi: <https://doi.org/10.4337/qmjip.2020.03.04>.
19. **Lemley M., Feldman R.** Patent Licensing, Technology Transfer, and Innovation. *American Economic Review*. 2016. Vol. 106. No. 5. P. 188–192. doi: <https://doi.org/10.1257/aer.p20161092>.
20. **Chen W.** et al. Retracted Publications in the Biomedical Literature with Authors from Mainland China // *Scientometrics*. 2018. Vol. 114. Iss. 1. P. 217–227. doi: <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2565-x>.
21. **Horbach S.P.J.M., Halfman W.** Journal Peer Review and Editorial Evaluation: Cautious Innovator or Sleepy Giant? // *Minerva*. 2020. Vol. 58. Iss. 2. P. 139–161. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11024-019-09388-z>.
22. **Lei L., Zhang Y.** Lack of Improvement in Scientific Integrity: An Analysis of WoS Retractions by Chinese Researchers (1997–2016) // *Science and Engineering Ethics*. 2018. Vol. 24. Iss. 5. P. 1409–1420. doi: <https://doi.org/10.1007/s11948-017-9962-7>.
23. **Tollefson J.** China Declared World's Largest Producer of Scientific Articles // *Nature*. 2018. Jan 25. 553(7689). P. 390. doi: <https://doi.org/10.1038/d41586-018-00927-4>.
24. **Klavans R., Boyack K.W.** Which Type of Citation Analysis Generates the Most Accurate Taxonomy of Scientific and Technical Knowledge? // *Journal of the Association for Information Science and Technology*. 2017. Vol. 68. Iss. 4. P. 984–998. doi: <https://doi.org/10.1002/asi.23734>.
25. **Huang F.** Quality Deficit Belies the Hype // *Nature*. 2018. 564, S70–S71. doi: <https://doi.org/10.1038/d41586-018-07694-2>.
26. **Huang J., Wu T.** Development Trend of Quantity of Patents of China Patent Law // *Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography*. 2018. Vol. 21. Iss. 2. P. 399–403. doi: <https://doi.org/10.1080/09720529.2018.1449320>.

Информация об авторах

Заварухин Владимир Петрович — канд. экон. наук, директор Института проблем развития науки РАН (ИПРАН РАН). 117218, г. Москва, Нахимовский пр-т, д. 32. E-mail: V.Zavarukhin@issras.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3943-9937>.

Чинаева Татьяна Игоревна — канд. экон. наук, доцент департамента бизнес-аналитики, факультет налогов, аудита и бизнес-анализа, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации; зав. сектором Методологии измерения науки и международных сопоставлений, Институт проблем развития науки РАН (ИПРАН РАН). 125993, г. Москва, Ленинградский пр-т, д. 49; 117218, г. Москва, Нахимовский пр-т, д. 32. E-mail: TIChinaeva@fa.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7441-8061>.

Чурилова Эльвира Юрьевна — канд. экон. наук, доцент департамента бизнес-аналитики, факультет налогов, аудита и бизнес-анализа, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации; ведущий научный сотрудник сектора Методологии измерения науки и международных сопоставлений, Институт проблем развития науки РАН (ИПРАН РАН). г. Москва, ул. Верхняя Масловка, д. 15; 117218, г. Москва, Нахимовский пр-т, д. 32. E-mail: EChurilova@fa.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9753-0072>.

References

1. **Kuznetsov V.I., Larionova E.I., Chinaeva T.I.** Analysis of China's Economy in the 21st Century. *Statistics and Economics*. 2021;18(2):57–70. (In Russ.)
2. **Gani A., Ahmad N.** Has Economic Growth of China and India Impacted African Economic Prosperity? *Atlantic Economic Journal*. 2020;48(3):375–385. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11293-020-09674-2>.
3. **Wagner H.** China's «Political-Economy Trilemma»: (How) Can it Be Solved? *The Chinese Economy*. 2021;54(5):311–329. Available from: <https://doi.org/10.1080/10971475.2021.1875158>.
4. **Glawe L., Wagner H.** The Deep Determinants of Economic Development in China – A Provincial Perspective. *Journal of the Asia Pacific Economy*. 2019;24(4):484–514. Available from: <https://doi.org/10.1080/13547860.2019.1636610>.
5. **Marginson S.** National/Global Synergy in the Development of Higher Education and Science in China Since 1978. *Frontiers of Education in China*. 2018;(13):486512. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11516-018-0027-8>.
6. **Glawe L., Wagner H.** The Role of Institutional Quality and Human Capital for Economic Growth Across Chinese Provinces – A Dynamic Panel Data Approach. *Journal*

of *Chinese Economic and Business Studies*. 2020;18(3):209–227. Available from: <https://doi.org/10.1080/14765284.2020.1755140>.

7. **Churilova E.Y.** et al. Influence of World Social and Economic Indicators' Interlinkage on the Development of Human Potential. *Journal of International Studies*. 2019;12(4):79–99. Available from: <https://doi.org/10.14254/2071-8330.2019/12-4/6>.

8. **Churilova E.U.** et al. Financial Inclusion: Gender and Country Differences. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*. 2019;X(6(44)):1884–1897. Available from: <https://journals.aserspublishing.eu/jarle/article/view/4979>.

9. **Chen R.** et al. Do Female Directors Enhance R&D Performance? *International Review of Economics & Finance*. 2021;(74):253–275. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.iref.2021.03.003>.

10. **Cao C.** China. In: *UNESCO Science Report: Towards 2030*. Paris: UNESCO; 2015. P. 620–641.

11. **Boeing P., Mueller E.** Measuring China's Patent Quality: Development and Validation of ISR Indices. *China Economic Review*. 2019;57:article 101331. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2019.101331>.

12. **Chen Z., Zhang J.** Types of Patents and Driving Forces Behind the Patent Growth in China. *Economic Modelling*. 2019;80:294–302. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2018.11.015>.

13. **Li L.** et al. Co-Patents' Commercialization: Evidence from China. *Economic Research—Ekonomika Istraživanja*. 2021;34(1):1709–1726. Available from: <https://doi.org/10.1080/1331677X.2020.1845761>.

14. **Zestos G., Guo W., Patnode R.** Determinants of Real Chinese GDP 1978–2014. *Atlantic Economic Journal*. 2018;46(2):161–177. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11293-018-9580-z>.

15. **Huang J.** et al. Technology and Innovation in China: A Patent Citation-Based Analysis. *Science Technology and Society*. 2021;26(2):344–365. Available from: <https://doi.org/10.1177/0971721820932020>.

16. **Shi F., Li Y., Xiong W.** Mapping the Distribution of Foreign Applications for Patents in China, 1987–2017. *Environment and Planning A-Economy and Space*. 2020;52(5):825–828. Available from: <https://doi.org/10.1177/0308518X19868463>.

17. **Cheng W., Drahos P.** How China Built the World's Biggest Patent Office – The Pressure Driving Mechanism. *IIC – International Review of Intellectual Property and Competition Law*. 2018;49(1):5–40. Available from: <https://doi.org/10.1007/s40319-017-0655-1>.

18. **Bian R.** Post-Grant Patent Review in China: An Empirical Analysis. *Queen Mary Journal of Intellectual Property*. 2020;10(3):339–375. Available from: <https://doi.org/10.4337/qmjip.2020.03.04>.

19. **Lemley M., Feldman R.** Patent Licensing, Technology Transfer, and Innovation. *American Economic Review*. 2016;106(5):188–92. Available from: <https://doi.org/10.1257/aer.p20161092>.

20. **Chen W.** et al. Retracted Publications in the Biomedical Literature with Authors from Mainland China. *Scientometrics*. 2018;114(1):217–227. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2565-x>.

21. **Horbach S.P.J.M., Halfman W.** Journal Peer Review and Editorial Evaluation: Cautious Innovator or Sleepy Giant? *Minerva*. 2020;58(2):139–161. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s11024-019-09388-z>.

22. **Lei L., Zhang Y.** Lack of Improvement in Scientific Integrity: An Analysis of WoS Retractions by Chinese Researchers (1997–2016). *Science and Engineering Ethics*. 2018;24(5):1409–1420. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11948-017-9962-7>.

23. **Tollefson J.** China Declared World's Largest Producer of Scientific Articles. *Nature*. 2018;553(7689):390. Available from: <https://doi.org/10.1038/d41586-018-00927-4>.

24. Which Type of Citation Analysis Generates the Most Accurate Taxonomy of Scientific and Technical Knowledge? *Journal of the Association for Information Science and Technology*. 2017;68(4):984–998. Available from: <https://doi.org/10.1002/asi.23734>.

25. **Huang F.** Quality Deficit Belies the Hype. *Nature*. 2018;564:S70–S71. Available from: <https://doi.org/10.1038/d41586-018-07694-2>.

26. **Huang J., Wu T.** Development Trend of Quantity of Patents of China Patent Law. *Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography*. 2018;21(2):399–403. Available from: <https://doi.org/10.1080/09720529.2018.1449320>.

About the authors

Vladimir P. Zavarukhin – Cand. Sci. (Econ.), Director, Institute for the Study of Science of the Russian Academy of Sciences (ISS RAS). 32, Nakhimovsky Ave., Moscow, 117218, Russia. E-mail: V.Zavarukhin@issras.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3943-9937>.

Tatiana I. Chinaeva – Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Department of Business Analytics, Faculty of Taxes, Audit and Business Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation; Head of Sector, Sector of Science Measurement Methodology and International Comparisons, Institute for the Study of Science of the Russian Academy of Sciences (ISS RAS). 49, Leningradsky Ave., Moscow, 125993, Russia; 32, Nakhimovsky Ave., Moscow, 117218, Russia. E-mail: T.Chinaeva@fa.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7441-8061>.

Elvira Y. Churilova – Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Department of Business Analytics, Faculty of Taxes, Audit and Business Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation, Leading Researcher, Institute for the Study of Science of the Russian Academy of Sciences (ISS RAS). 15, Verkhnyaya Maslovka Str., Moscow, Russia; 32, Nakhimovsky Ave., Moscow, 117218, Russia. E-mail: EChurilova@fa.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9753-0072>.