

НАЦИОНАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ¹

БАЛАЦКИЙ ЕВГЕНИЙ ВСЕВОЛОДОВИЧ,

*доктор экономических наук,
директор Центра макроэкономических исследований,
Финансовый университет при Правительстве РФ,
e-mail: ebalatsky@inbox.ru;*

УШАКОВА СВЕТЛАНА ЕВГЕНЬЕВНА,

*кандидат экономических наук,
заведующая отделом мониторинга и оценки развития
сферы науки и инноваций,
Российский научно-исследовательский институт экономики,
политики и права в научно-технической сфере (РИЭПП),
e-mail: ushakova@riep.ru;*

МАЛАХОВ ВАДИМ АЛЕКСАНДРОВИЧ,

*кандидат исторических наук,
старший научный сотрудник сектора проблем науки и инноваций
в условиях глобализации,
Российский научно-исследовательский институт экономики,
политики и права в научно-технической сфере (РИЭПП),
e-mail: malahov@riep.ru;*

ЮРЕВИЧ МАКСИМ АНДРЕЕВИЧ,

*младший научный сотрудник
Центра макроэкономических исследований,
Финансовый университет при Правительстве РФ,
e-mail: yurevm@riep.ru*

В статье представлены предложения по развитию аналитического инструментария, позволяющего проводить факторный анализ технологического развития страны, выявлять в нем «узкие места» для выработки предложений, направленных на их устранение. Статья содержит обзор подходов к изучению особенностей функционирования национальных инновационных систем с выделением роли сектора научных исследований и опытно-конструкторских разработок, а также анализ инструментов ранжирования и рейтингования национальных инновационных систем. В целях оценки научно-технологического потенциала стран предлагается метод построения научно-технологического баланса, связывающего эффективность национальной экономики со сферой генерации знаний и технологий. Уравнение баланса позволяет идентифицировать сильные и слабые стороны национальных инновационных систем по таким факторам, как затратноотдача, производительность науки, прикладная эффективность научной

¹ Статья подготовлена по результатам выполнения научно-исследовательской работы в рамках государственного задания при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (уникальный идентификатор проекта 26.4400.2017/5.1).

деятельности и т.д. Проведенный анализ показал уникальные преимущества и недостатки национальных научно-технологических систем многих стран. Например, Китаю следует ускоренным темпом наращивать масштаб научного сектора; Польше необходимо принципиально повысить отдачу от сферы прикладных разработок, на выходе которой будет поток патентов; России предстоит кадровая работа внутри научного сектора, повышение публикационной активности исследователей и результативности прикладной науки. Исследование продемонстрировало, что метод научно-технологического баланса весьма успешен для оценки влияния уровня развития институтов генерации знаний и разработки технологий на уровень производительности труда в национальной экономике анализируемых стран. Разработанный в статье подход позволяет устанавливать особенности сопряжения технологических и институциональных составляющих национальной модели экономики.

Ключевые слова: национальная инновационная система; научно-технологический баланс; генерация знаний и технологий.

NATIONAL MODELS OF TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT: A COMPARATIVE ANALYSIS

EVGENIY V. BALATSKIY,

*Doctor of Economic Sciences,
Head of Macroeconomic Regulation Center,
Financial University under the Government of the Russian Federation,
e-mail: balatsky@riep.ru;*

SVETLANA E. USHAKOVA,

*Candidate of Economic Sciences (PhD),
Head of Department «STI development monitoring and assessment»,
e-mail: ushakova@riep.ru;*

VADIM A. MALAKHOV,

*Candidate of History Sciences (PhD),
Senior Researcher of Sector
«STI development in terms of globalization»,
e-mail: malahov@riep.ru;*

MAKSIM A. YUREVICH,

*Junior Research Fellow of Macroeconomic Regulation Center,
Financial University under the Government of the Russian Federation,
e-mail: yurevm@riep.ru*

In the article, suggestions are made for the development of methodological approaches to using factor analysis of technological development of countries and revealing the related weaknesses. The article presents an overview of the ideas for the study of such categories as national innovation system, its elements – the scientific and technological sector and approaches to efficiency measurement and comparative analysis of national innovation systems of different countries. For the purposes of assessing the scientific and technological potential of countries, a method of constructing a scientific-technological balance which links

the efficiency of the national economy to the sphere of generation of knowledge and technologies, is proposed. Analysis of the relative scientific and technological parameters showed that each country has its advantages and disadvantages for research and technological development. In particular, in China, the scale of research sector is not adequate to the scale of the national economy and its growth rate; Poland has been experiencing low returns from the sphere of applied research; in Russia the bottleneck for scientific and technological development is low efficiency of the scientific work expressed in the publication activity. Overall, the study showed that the scientific and technological balance constructing method is a successful one in assessing the impact of knowledge generation and technology development on the level of productivity in the economy.

Keywords: national innovation system; scientific and technological balance; knowledge and technology generation.

JEL: F63, E60, O38.

Постановка проблемы

Глобализация мировой экономики не только не отменила, но, наоборот, обострила научную и технологическую конкуренцию стран. Сегодня многие государства, долгое время находившиеся на периферии мирового рынка инноваций, начинают претендовать на передовые места в международном технологическом соперничестве. При этом почти все страны придерживаются совершенно разных стратегий успеха, большинство из которых формируется стихийно в зависимости от национальных традиций и конкретных условий. На этом пути некоторым странам удается построить развитый высокотехнологичный сектор экономики и передовую науку, в то время как другие страны не могут преодолеть даже первичные границы соответствующих экономических параметров. В связи с этим возникает проблема идентификации болевых точек национальных научно-технологических систем, которые не позволяют им продвигаться по пути дальнейшего прогресса.

Здесь и далее мы будем рассматривать сектор науки и сектор технологий в некоем единстве, предполагая, что научные исследования и разработки служат основой для новых технологических решений и роста производительности труда. Такое объединение мы будем называть научно-технологическим сектором экономики. Задачей статьи является развитие простого аналитического инструментария, позволяющего проводить факторный анализ технологического развития страны и выявлять в нем «узкие места». Данная задача предполагает построение научно-технологического баланса отобранных стран за ряд отчетных периодов. Апробация предложенного подхода на реальных статистических данных позволит не только проследить динамику успехов и неудач разных государств, но и обозначить факторы, снижающие результативность их усилий. В свою очередь, это даст нам возможность наметить некоторые предложения по совершенствованию политики, проводимой национальными правительствами этих стран.

Исследования научно-технологического сектора: обзор идей

В научной литературе существуют различные подходы к исследованию научно-технологического сектора экономики и оценке его эффективности. Наибольшей популярностью среди исследователей в последние десятилетия пользуется концепция инновационных систем. Согласно данной концепции ключом к инновационному процессу является трансфер идей и технологий между людьми, бизнесом и прочими организациями. Значительное внимание в исследованиях данной школы уделено анализу особенностей распространения (диффузии) технологий между акторами системы (Geels and Schot, 2007), а анализ инновационной деятельности основывается

не только на количестве инновационных продуктов и процессов в системе, но учитывает объем проводимых исследований и разработок, а также факторы, влияющие на скорость инноваций, например, наличие квалифицированной рабочей силы, качество образования, механизмы стимулирования инновационных процессов и пр. (*Balzat and Hanusch, 2004*).

Между тем концепция инновационных систем зачастую критиковалась в литературе как недостаточно гибкая, оторванная от реальности и требующая значительной доработки (*Caracostas, 2007*). Критики отмечали, что исследования инновационных систем не отличаются единством подходов (*Edquist, 2004*) и не дают готовых практических решений для политиков (*Klein Woolthuis, Lankhuizen and Gilsing, 2005*). Несмотря на это, во многих странах концепция инновационных систем была взята на вооружение региональными и национальными органами власти, а также международными организациями, заинтересованными в стимулировании инновационных процессов (*OECD, National Innovation Systems, 1997*).

Несмотря на существование в научной литературе различных видов инновационных систем (например, региональные (*Cooke, Heidenreich and Braczyk, 1998*) или отраслевые (*Malerba, 2002*)), для нашего исследования интерес представляют в первую очередь национальные инновационные системы (НИС). Эта концепция, впервые предложенная Кристофером Фрименом в конце 1980-х гг. (*Freeman, 1987*) и развитая в последующие годы (см., например: (*Lundvall, 1992; Nelson, 1999; Niosi et al., 1993*)), рассматривает НИС как исторически сложившуюся подсистему национальной экономики, в которой организации и институты взаимодействуют и влияют друг на друга при осуществлении инновационной деятельности (по степени этого взаимодействия определяется эффективность всей инновационной системы). В целом методология исследований, посвященных НИС, не отличается единообразием: в разных работах НИС могут оцениваться с помощью разных показателей.

Первые исследования НИС были направлены на изучение отдельных национальных экономик и не следовали формализованной структуре. Эти работы, как правило, делали акцент на анализе законодательства, научно-технической политики государства и институциональной среды (например, оценивалась развитость венчурного капитала, институтов поддержки трансфера технологий из исследовательского сектора в промышленность и т.д.), но не проводили факторный анализ технологического развития страны на основе большого объема статистических данных.

В более поздних работах исследователи начали использовать данный подход для сравнения и оценки эффективности НИС различных стран (*Chang and Shih, 2004*). Хотя основное внимание в данных работах по-прежнему было сконцентрировано на качественном анализе институциональной среды сравниваемых государств, для оценки эффективности сравниваемых экономик активно применялись и количественные показатели (например, отношение внутренних расходов на исследования и разработки к ВВП и доля средств частного сектора в этих расходах).

В 1990-х – начале 2000-х гг. также стали появляться работы, применявшие концепцию инновационных систем для построения международных рейтингов инновационного потенциала стран (*Patel and Pavitt, 1994; Porter and Stern, 2001*). Данные исследования имели прозрачную и четкую методологию и основывались на анализе большого количества показателей. Помимо различного рода статистических данных вроде количества зарегистрированных патентов или процента населения с высшим образованием, для сравнения НИС допускалось использование и таких оценочных показателей, как «культурные особенности стран» (*Nasierowski and Arcelus, 1999*). Разделение показателей на различные группы (например, показатели, характеризующие ресурсный потенциал научно-технологического сектора и его

результативность) и их анализ позволяли исследователям лучше понимать структуру НИС различных стран и выделять модели их развития.

Для нашего исследования также важны работы представителей институциональных теорий, анализировавших роль различных институтов в научно-техническом прогрессе. Так, Дуглас Сесил Норт исследовал влияние института частной собственности (в частности интеллектуальной собственности) на инновации (*North, 1990*). Большинство исследователей сходятся во мнении, что без адаптации социальных институтов устойчивое инновационное развитие национальной экономики невозможно (*Engerman and Sokoloff, 2005*).

В отечественной научной литературе проблематику НИС разрабатывали специалисты из ИМЭМО РАН (*Иванова, 2016*). Они исходили из того, что общей для всех стран успешной модели НИС не существует, соответственно, проводить их ранжирование по степени эффективности не имеет смысла. При этом по отдельным параметрам (например, доля государственных средств во внутренних расходах на исследования и разработки или доля стран в мировом потоке научных публикаций) сравнение НИС все же проводится. Отдельное внимание уделено так называемой триаде инновационного регулирования: научной, промышленной и инновационной политике. Согласно мнению российских исследователей, именно сбалансированность этих трех политик является ключом к построению успешной НИС.

Другая модель оценки научного и экономического потенциала стран мира была предложена Фридманом и Имамкулиевой (*Фридман и Имамкулиева, 2017*). В своей работе они сравнивают страны по двум параметрам: *среднедушевому ВВП* и отношению внутренних расходов на исследования и разработки к ВВП, и выявляют закономерность: чем выше ВВП на душу населения, тем выше доля расходов на НИОКР. Тем не менее из этой тенденции выбивается ряд крупных стран, в первую очередь – Индия и Китай, что объясняется принятой государственной стратегией, направленной на форсированное научно-техническое развитие.

Методика научно-технологического баланса

Одна из проблем современных аналитических изысканий состоит в автономном рассмотрении развития научной сферы и эффективности национальной экономики. Такой подход не позволяет понять взаимную обусловленность данных процессов и выявлять факторы, влияющие на эффективность национальной экономики. Между тем научная (научно-техническая) сфера, сфера развития технологий является составной частью НИС. В данной статье предлагается подход к построению основополагающих балансов между эффективностью национальной экономики и результативностью науки, который ведет к большему пониманию развития НИС и ее влияния на национальную экономику в целом. Для построения научно-технологического баланса, соединяющего научно-техническую сферу и сферу реального производства, рассмотрена связка «эффективность национальной экономики – генерация знаний и технологий».

Первый принцип, на котором базируется предлагаемый подход, состоит в постулировании факта неразрывной связи между национальным сектором технологий, понимаемым как национальное производство, и научным сектором, под которым понимается сектор исследований и разработок. При этом для количественной конкретизации данных понятий будем предполагать, что главной интегральной характеристикой сектора технологий выступает показатель производительности труда. Именно этот параметр в максимально информативной и одновременно компактной форме отражает достигнутый уровень технологического развития национального производства. В более общем случае уровень технологичности производства отражается также и такими показателями, как энергоемкость, материалоемкость, капиталоемкость и экологичность (удельные выбросы углекислоты) производства. Однако для нашего анализа достаточно производительности труда как наиболее важного и хорошо

верифицируемого показателя. При необходимости остальные показатели также могут быть встроены в аналитическую схему без ее принципиальных изменений.

В свою очередь, научный сектор имеет определенные результаты, в качестве которых могут выступать такие результаты интеллектуальной деятельности, как научные статьи и патенты. Перечень результатов может быть расширен, но именно научные публикации и полученные патенты в явном виде отражают масштаб развития сектора науки. Поэтому для простоты при построении уравнения научно-технологического баланса рассмотрим два результата: число научных публикаций и число зарегистрированных патентов. Предположим, что наука посредством поставки на рынок научных публикаций и патентов оказывает влияние на уровень эффективности производства. Тогда можно записать следующее балансовое тождество:

$$\frac{Y_i}{L_i} = \frac{Y_i}{J_i} \times \frac{J_i}{G_i} \times \frac{G_i}{D_i} \times \frac{D_i}{A_i} \times \frac{A_i}{H_i} \times \frac{H_i}{L_i}, \quad (1)$$

где Y_i – ВВП i -й страны; L_i – численность занятых в экономике i -й страны; J_i – бюджетное (государственное) финансирование науки в i -й стране; G_i – объем внутренних затрат на исследования и разработки i -й страны; A_i – число статей в журналах, индексируемых в Web of Science, i -й страны; D_i – число полученных патентов (юридических документов) резидентами i -й страны (в национальных и зарубежных патентных офисах); H_i – численность исследователей в научном секторе i -й страны. Левая часть уравнения (1) представляет собой производительность труда (Y/L), а множители правой части характеризуют следующие показатели: затратноотдача науки (Y/J), доля бюджетного финансирования науки (J/G), средняя цена одного патента (G/D), коэффициент прикладной эффективности научной деятельности (D/A), производительность (продуктивность) науки (A/H), доля научного сектора в общей занятости страны (H/L). Таким образом, в левой части уравнения (1) отражается технологический уровень национальной экономики, а в правой части – набор характеристик научного сектора. При этом данный набор отражает как экстенсивные (масштабные) факторы – относительный размер государственного финансирования науки и численности занятых, так и интенсивные факторы – среднюю производительность науки, отдачу от вложений в науку, эффективность процесса трансформации научных статей в патенты, а также среднюю цену патента. Коэффициент прикладной эффективности научной деятельности (трансформации научных статей в патенты) отражает промежуточную ступень научного процесса – продвижение от фундаментальных и когнитивных исследований (статей) к прикладным разработкам (патентам) с последующим внедрением в производство.

Уравнение (1) представляет собой научно-технологический баланс (НТБ) страны, увязывающий производящий сектор (технологический комплекс) и сектор исследований и разработок (научный сектор). Наличие НТБ позволяет рассматривать взаимосогласованные изменения двух секторов посредством факторного разложения.

Учитывая, что баланс (1) выполняется для всех рассматриваемых стран, целесообразно выбрать среди них страну-лидера для того, чтобы использовать ее в качестве эталона для последующих международных сравнений. В качестве такого эталона традиционно выбираются США. Таким образом, реализуется возможность пофакторного сравнения технологического и научного секторов разных стран путем соотнесения значений показателей i -й страны со значениями соответствующих показателей страны-эталона. При этом вычисление соотношения значения производительности труда i -й страны и страны-эталона позволяет определить место i -й страны в технологическом рейтинге анализируемых стран. Соотношения же показателей из правой части уравнения (1) раскрывают полученное значение технологического рейтинга через сравнительные характеристики научного сектора, коими являются перечисленные выше показатели. Здесь и далее будем

называть соотношения показателей правой части уравнения (1) относительными научно-технологическими параметрами. Сопоставление относительных научно-технологических параметров позволяет идентифицировать «узкие» места научного сектора анализируемых стран. Необходимо отметить, что для сравнительного анализа показатель средней цены патента фигурирует в перевернутом виде, т.е. рассматривается отношение средней цены патента в стране-эталоне к средней цене патента в i -й стране. Это связано с тем, что более высокая конкурентоспособность научного сектора той или иной страны предполагает у нее наличие более масштабного научного сектора с более высокой эффективностью и более низкой ценой генерируемого научного продукта. Таким образом, идентификация худших параметров страны по сравнению с лидером (США) позволяет не только определить болевые зоны научно-технологического развития, но и оценить потенциальный эффект от увеличения соответствующих параметров.

Похожий подход можно использовать при изучении определенных типов моделей научно-технологического развития. Например, если один из относительных научно-технологических параметров у нескольких стран особенно отличается от значений других стран в анализируемой выборке, то можно говорить о наличии некоей специфической национальной стратегии, делающей акцент на соответствующую сторону процесса. При этом желательно, чтобы рассматриваемый параметр был достаточно значимым для итогового результата. Стратегическая значимость параметра может быть определена в зависимости от его волатильности по странам: чем больше разброс, тем содержательнее различия в соответствующих политиках. Разумеется, в наши задачи не входит рассмотрение всех возможных моделей технологического развития с их подробным описанием. Наоборот, для проводимого исследования вполне достаточно определить наиболее яркие и интересные стратегии, позволяющие использовать их другим странам.

Эмпирические результаты

Для оценки показателей, фигурирующих в НТБ, использовались международные базы данных (*The World Bank. DataBank. World Development Indicators; Web of Science; OECD.Stat; World Intellectual Property Organization; Eurostat; UIS.Stat; Росстат*). Чтобы оценить динамику происходящих изменений, в качестве точек замера брались 2005 и 2015 г. по 17 странам мира, для которых имелись наиболее полные данные для расчета анализируемых показателей из уравнения (1). Странам присваивался технологический рейтинг, исходя из значения показателя производительности труда (Y/L).

В процессе сравнительного анализа показателей научного сектора в 2005 и 2015 г. можно проследить их изменение и сделать выводы об основных особенностях развития НИС отобранных стран, а также произвести сопоставление показателей этих стран с показателями страны-эталона (в данном случае США), что позволяет осуществить пофакторное сравнение состояния их научно-технологического комплекса. Ниже представлены показатели потенциала и результативности научно-технологического комплекса выбранных стран мира относительно США по данным на 2005 и 2015 г. (см. табл. 1, 2).

Сопоставление данных по показателям 2005 и 2015 г. позволяет сделать вывод о том, что за 10 лет показатель производительности труда в Китае относительно аналогичного показателя в США вырос на 11 процентных пунктов. В России за этот же период относительная производительность труда по сравнению с США увеличилась на 14 процентных пунктов. Польша увеличила технологический уровень своей экономики на 12 процентных пунктов по сравнению с США. Тем самым все три страны, имея большие различия в национальной экономике, сделали примерно одинаковый рывок в направлении роста своего технологического уровня. При этом прошедшее десятилетие показало, что технологические различия между многими странами мира стремительно сокращаются. Например, Польша уже вплотную приблизилась к Южной Корее, Россия – к Латвии, а Китай – к Бразилии, тогда как еще 10 лет назад (в 2005 г.) разрыв в эффективности экономик названных стран был не просто впечатляющим, но и казался почти непреодолимым.

Таблица 1

Относительные научно-технологические параметры анализируемых стран, 2005 г.

Страна	Производительность труда ($T = T_i / T_0$)	Затрагоотдача науки ($Z = Z_i / Z_0$)	Доля бюджетного финансирования науки ($B = B_i / B_0$)	Средняя цена одного патента ($P = P_i / P_0$)*	Коэффициент трансформации научных статей в патенты (эффективности научной деятельности) ($M = M_i / M_0$)	Производительность (продуктивность) науки ($E = E_i / E_0$)	Доля научного сектора в общей занятости страны ($K = K_i / K_0$)
Сингапур	1,11	0,98	1,18	0,44	0,31	1,28	1,06
США**	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Франция	0,81	0,92	1,25	1,52	1,07	1,17	0,84
Израиль**	0,75	1,45	0,47	0,67	0,36	0,72	2,87
Германия	0,74	1,08	0,92	2,26	1,78	1,03	0,91
Япония	0,68	1,46	0,54	3,46	5,15	0,49	1,16
Южная Корея	0,56	1,33	0,75	5,13	5,10	0,63	0,91
Иран	0,46	1,74	2,47	1,15	1,16	0,51	0,21
Польша	0,41	2,18	1,87	0,83	0,18	0,78	0,62
Мексика	0,36	4,28	1,60	0,14	0,09	0,89	0,10
Латвия	0,35	3,41	1,49	1,41	0,58	0,32	0,52
Тунис	0,29	1,51	2,57	0,00	0,00	0,20	1,03
Россия	0,27	0,89	2,01	2,05	1,77	0,35	0,51
Бразилия	0,26	1,77	1,55	0,07	0,07	0,54	0,18
Марокко	0,17	3,43	1,31	0,13	0,10	0,22	0,22
Китай	0,10	2,24	0,86	0,58	0,63	0,26	0,18
Индия	0,08	1,05	н/д	0,22	0,20	0,87	0,03
Коэффициент поляризации	13,83	4,83	5,48	76,00***	78,53***	6,46	92,32

Источник: Рассчитано по данным (*The World Bank. DataBank. World Development Indicators; Web of Science; OECD.Stat; World Intellectual Property Organization; Eurostat; UIS.Stat; Росстат*)

* Для выявления «узких» мест научного сектора используется обратный показатель цены патента.

** В США и Израиле национальные статистические ведомства не ведут учет численности исследователей в людях, измерения проводятся только в ставках. Для получения оценочных значений для этих двух стран было использовано усредненное отношение численности исследователей в людях к численности исследователей в ставках для остальных стран.

*** Из расчетов коэффициентов поляризации было исключено экстремально низкое значение количества полученных патентов в Тунисе (один патент).

Таблица 2

Относительные научно-технологические параметры анализируемых стран, 2015 г.

Страна	Производительность труда ($T = T_i / T_0$)	Задача науки ($Z = Z_i / Z_0$)	Доля бюджетного финансирования науки ($B = B_i / B_0$)	Средняя цена одного патента ($P = P_i / P_0$)*	Коэффициент трансформации научных статей в патенты (эффективности научной деятельности) ($M = M_i / M_0$)	Производительность (продуктивность) науки ($E = E_i / E_0$)	Доля научного сектора в общей занятости страны ($K = K_i / K_0$)
Сингапур	1,09	0,86	1,51	0,53	0,33	1,69	0,80
США**	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Франция	0,83	0,89	1,44	1,44	0,94	1,04	0,96
Германия	0,76	0,87	1,16	1,57	1,28	1,01	0,91
Израиль**	0,74	1,51	0,52	1,15	0,70	0,77	2,01
Япония	0,66	1,33	0,64	3,13	5,60	0,44	0,99
Южная Корея	0,57	0,62	0,98	2,66	3,04	0,65	1,25
Польша	0,53	1,61	1,74	0,61	0,18	1,26	0,52
Иран	0,49	3,02	3,16	0,02	0,001	1,71	0,29
Латвия	0,46	4,11	1,36	1,78	0,43	0,53	0,64
Россия	0,41	0,85	2,89	1,20	1,07	0,51	0,37
Мексика	0,36	2,02	2,96	0,17	0,10	1,80	0,06
Тунис	0,31	1,51	3,21	0,03	0,004	0,61	0,72
Бразилия	0,26	0,99	2,55	0,08	0,05	1,03	0,16
Китай	0,21	1,52	0,89	1,33	1,59	0,70	0,19
Марокко	0,21	5,44	0,96	0,05	0,03	0,26	0,30
Индия	0,14	0,77	н/д	0,16	0,14	1,79	0,03
Коэффициент поляризации	7,66	8,76	6,19	57,22***	206,23***	6,82	67,15

Источник: Рассчитано по данным (*The World Bank. DataBank. World Development Indicators; Web of Science; OECD.Stat; World Intellectual Property Organization; Eurostat; UIS.Stat; Росстат*)

* Для выявления «узких» мест научного сектора используется обратный показатель цены патента.

** В США и Израиле национальные статистические ведомства не ведут учет численности исследователей в людях, измерения проводятся только в ставках. Для получения оценочных значений для этих двух стран было использовано усредненное отношение численности исследователей в людях к численности исследователей в ставках для остальных стран.

*** Из расчетов коэффициентов поляризации были исключены экстремально низкие значения количества полученных патентов в Тунисе (11 патентов) и Иране (31 патент).

Сравнительный анализ отобранных стран за 2005 и 2015 г. по показателям потенциала и результативности научно-технологического комплекса относительно

США позволяет понять источники указанного скачка. Для этого можно рассчитать коэффициент поляризации анализируемых показателей как отношение максимального значения показателя по выборке к минимальному его значению (табл. 1, 2).

Анализ значений коэффициента поляризации за 2005 и 2015 г. показывает, что разброс в производительности труда заметно сократился (с 13,83 до 7,66). Это говорит о развитии догоняющих тенденций в группе выбранных стран. Существенно сократился разрыв по показателю «Доля научного сектора в общей занятости стран» (с 92,32 до 67,15). При этом рекордные значения поляризации давал коэффициент трансформации статей в патенты – его величина в 2005 и 2015 г. была в разы больше, чем для производительности труда (в 2005 г. 13,83 – для производительности труда против 78,53 – для коэффициента трансформации статей в патенты; в 2015 г. 7,66 против 206,23, соответственно). Также значительная поляризация отмечается и для средней цены одного патента, но с тенденцией сокращения (с 76,00 до 57,22). Причинами столь сильной поляризации по коэффициенту трансформации статей в патенты выступает незначительное увеличение числа полученных патентов на фоне взрывного роста количества публикаций в таких странах, как Марокко и Бразилия. Кроме того, в Иране стремительное снижение числа полученных патентов (с 2608 до 31 патента) связано с непредставлением данных из национального патентного ведомства в 2015 г. Одним из лидеров по величине поляризации остается показатель «Доля научного сектора в общей занятости стран». Основной вклад в поляризацию его значений делают как малые, так и большие страны из выборки (Израиль с высокой долей занятых в секторе исследования и разработок; Индия, Китай, Мексика, Бразилия с относительно низким количеством исследователей в масштабах экономики). В целом основное различие в национальных технологических моделях состоит в способности национальных экономик трансформировать теоретические исследования в форме статей в практические разработки в форме патентов, которая предопределяет технологическое неравенство разных государств.

На примере фактора, характеризующего процесс трансформации научных статей в патенты, хорошо просматривается специфика национальных моделей развития. Так, в 2015 г. у Франции коэффициент трансформации статей в патенты был на 6% меньше, чем у США, а у Германии – на 28% больше, хотя еще в 2005 г. Германия опережала США на 78%. Одна из содержательных интерпретаций данного факта состоит в том, что французские ученые больше склонны к фундаментальной науке по сравнению со своими немецкими коллегами, ориентированными на конечный результат в форме производственных инноваций. В 2005 г. стоимость одного патента в Германии была более чем в два раза ниже, чем в США и в 1,5 раза ниже, чем во Франции, а в 2015 г. – в 1,6 раза меньше относительно США и в 1,1 раза – относительно Франции. По всей видимости, в основе подобных различий лежит степень научного прагматизма, характерная для разных наций и народов. Во всяком случае пример Франции и Германии хорошо соответствует имеющимся представлениям о ментальности их жителей.

Более пристальное изучение коэффициента трансформации позволяет обнаружить «восточноазиатскую модель» технологического развития, которая состоит в достижении предельно высокой эффективности связки между эффективностью экономики и сектором науки. К данному классу модели относятся Япония, Южная Корея и с 2015 г. Китай. В основе успеха данной группы стран – относительно малая публикационная активность исследователей, но высокий коэффициент трансформации статей в патенты и рекордно низкая средняя стоимость патента по сравнению с США и другими странами. При этом главным недостатком научно-технологической системы Китая является ее чрезвычайно малый размер с точки зрения вовлеченных в нее трудовых ресурсов. Именно этот фактор остается важнейшим резервом Китая, который может ему позволить в будущем десятилетия осуществить мощное продвижение по пути роста производительности.

Так, экспериментальные расчеты показывают, что при выходе масштаба занятости в науке на уровень США Китай сможет нарастить производительность труда до 112% относительно американского уровня; если же ему удастся нарастить научный сектор до уровня Южной Кореи, то относительная производительность труда составит 140%. Тем самым в настоящий момент Китай пока не задействовал экстенсивный фактор роста технологического уровня экономики, продолжая готовить для этого почву посредством интенсивного развития университетской системы образования. С этой точки зрения Китай находится в достаточно выгодном состоянии, имея возможность в перспективе использовать почти неограниченный кадровый потенциал. Заметим, что фактор масштаба научного сектора является вторым по волатильности и предполагает очень большие изменения.

Учитывая, что показатель публикационной активности с некоторой степенью условности отражает продуктивность фундаментальной науки, а коэффициент трансформации статей в патенты – прикладную науку, можно говорить, что в азиатских странах осуществляются относительно вялые фундаментальные (когнитивные) исследования на фоне опережающих прикладных разработок. Такая стратегия чрезвычайно эффективна для догоняющих экономик, но неприемлема для стран, уже вставших в ряд технологических лидеров. В этом смысле ни Япония, ни Китай, ни Южная Корея пока не могут претендовать на роль научных лидеров. Если такое произойдет, то у них должен будет сильно увеличиться показатель публикационной активности.

«Восточноазиатской модели» развития противостоит «африканская», для которой характерен крайне незначительный коэффициент трансформации статей в патенты. Так, Тунис и Марокко развиваются по единой схеме, не предполагающей активных научных разработок с выходом в форме патентов. С некоторой степенью условности к этой модели примыкает Польша, узким местом которой является сфера генерирования патентов. Именно здесь у страны есть большие резервы: при выходе коэффициента трансформации на американский уровень Польша могла бы обеспечить рекордный уровень относительной производительности труда в 299%. Разумеется, это лишь гипотетическая возможность, так как в реальности за 10 лет страна смогла повысить указанный параметр всего на 10% относительно США, что говорит о крайне невысокой скорости сокращения разрыва со страной-эталон. В настоящее время Польша компенсирует свои системные недостатки путем массивного государственного финансирования науки. Эта же стратегия, но в еще более явно выраженном виде характерна для России, которая также делает акцент на поддержку науки из государственных источников финансирования. Китай в этом отношении придерживается весьма экономной стратегии финансирования науки: доля государства в расходах на науку у Китая всего лишь 21% против 42% у Польши и 69% у России в 2015 г. (*Ernst, 2011*).

Проведенный факторный анализ позволяет сделать обобщающий вывод о том, что если слабым звеном НИС Китая является масштаб научного сектора, то у Польши – это коэффициент трансформации статей в патенты, а у России – публикационная активность. Как это ни парадоксально, но Россия по числу опубликованных статей на одного исследователя в 2,5 раза отстает от Польши. По всей вероятности, такое отставание России связано со слабой ориентацией большей части исследователей на международные научные издания, а также недостаточной активностью по продвижению национальных журналов в международное научное пространство. Фактически, интернационализация российской науки происходит «силовым» путем – посредством соответствующих требований и постоянного давления со стороны регулятора в лице Министерства образования и науки Российской Федерации. Скорее всего, России потребуется еще не менее 7–10 лет, чтобы существенно нарастить научную продуктивность исследователей.

Особо следует выделить «модель малых стран», в рамках которой формируется достаточно большой сектор науки. В рамках этой модели развиваются Сингапур, Израиль, Южная Корея и Япония. Структура небольших по размеру, но эффективно управляемых экономик без сырьевых факторов роста, как правило, тяготеет к непропорционально большому сектору научных исследований и разработок, что позволяет малым странам поддерживать довольно высокую эффективность своих экономик и за счет этого обеспечивать свое присутствие на мировых рынках. Например, относительный размер научного сектора в Израиле в 67 раз больше, чем в Индии. Тем самым в данном случае мы сталкиваемся с типичной ситуацией, когда исходные экономические условия страны предопределяют ее модель научно-технологического развития. Некоторым странам удается развить нетипичные экономические преимущества, например такое, как цена патента. Так, относительная дешевизна патентов имеется в Японии и Южной Корее, что является прямым следствием активных прикладных разработок, генерирующих поток патентов. Наоборот, очень дорогие патенты в Тунисе, Марокко и Бразилии, которым пока не хватает ресурсов для того, чтобы наладить устойчивое генерирование масштабного потока патентных разработок.

Заключение

Проведенный анализ показал уникальные преимущества и недостатки национальных научно-технологических систем многих стран. Например, Китаю следует ускоренным темпом наращивать масштаб научного сектора. Отчасти это уже делается за счет развития университетской системы и расширения программ подготовки квалифицированных кадров, вплоть до строительства университетских городов. Однако экономическое лидерство, на которое в последние годы претендует Китай, требует от нее интенсификации этого процесса.

Польше нужно принципиально повысить отдачу от сферы прикладных разработок, на выходе которой будет поток патентов. Такая задача требует от страны существенного увеличения масштаба научного сектора с одновременным контролем его эффективности.

России предстоит кадровая работа внутри научного сектора, повышение публикационной активности исследователей и результативности прикладной науки. Отчасти эта проблема российскими властями осознается, что выражается в беспрецедентном давлении на работников научных организаций и университетов в сторону повышения требований к числу и качеству их научных публикаций. По всей видимости, добиться сокращения отставания по данному параметру России не удастся только за счет интенсификации труда научных работников. Поставленная цель требует пересмотра внутренней организации научных учреждений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Иванова Н. (2016). Инновационная политика: теория и практика // *Мировая экономика и международные отношения*, т. 60, № 1, с. 5–16.

Росстат. Федеральная служба государственной статистики. (<http://www.gks.ru/> – Дата обращения: 23.10.2017).

Фридман Л. и Имамкулиева Э. (2017). Наука и экономическое развитие в странах Востока и Запада // *Мировая экономика и международные отношения*, т. 61, № 8, с. 37–47. DOI:10.20542/0131-2227-2017-61-8-37-47.

Balzat, M. and Hanusch, H. (2004). Recent trends in the research on national innovation systems // *Journal of Evolutionary Economics*, 14 (2), 197–210. DOI: 10.1007/s00191-004-0187-y.

Caracostas, P. (2007). The policy-shaper's anxiety at the innovation kick: how far do innovation theories really help in the world of policy // *Perspectives on innovation*, pp. 464–489. DOI: 10.1017/CBO9780511618390.026.

Chang, P. L. and Shih, H. Y. (2004). The innovation systems of Taiwan and China: a comparative analysis // *Technovation*, 24 (7), 529–539. DOI: 10.1016/S0166-4972(02)00117-7.

Cooke, P., Heidenreich, M. and Braczyk, J. (1998), eds. *Regional Innovation Systems: The role of governance in a globalized world*. London: Psychology Press, 499 p.

Edquist, C. (2004). Systems of innovation: perspectives and challenges. *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press, pp. 14–45. DOI: 10.1093/oxfordhb/9780199286805.003.0007.

Ernst, D. (2011). China's Innovation Policy Is a Wake-Up Call for America // *Asia Pacific Issues*, 100, 1–12.

Engerman, S. L. and Sokoloff, K. L. (2008). Institutional and Non-Institutional Explanations of Economic Differences. *Handbook of New Institutional Economics*. Berlin: Springer, pp. 639–665. DOI: 10.1007/978-3-540-69305-5_26.

Eurostat. (<http://ec.europa.eu/eurostat/web/science-technology-innovation/data/main-tables> – Дата обращения: 23.10.2017).

Freeman, C. (1987). *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. London: Pinter Publishers, 155 p.

Geels, F. W. and Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways // *Research policy*, 36 (3), 399–417. DOI: 10.1016/j.respol.2007.01.003.

Klein Woolthuis, R., Lankhuizen, M. and Gilsing, V. (2005). A system failure framework for innovation policy design // *Technovation*, 25 (6), pp. 609–619. DOI: 10.1016/j.technovation.2003.11.002.

Lundvall, B. A. (1992), ed. *National Systems of Innovation—Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter Publishers, 1992, 342 p.

Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production // *Research policy*, 31 (2), 247–264. DOI: 10.1016/S0048-7333(01)00139-1.

Nasierowski, W. and Arcelus, F. J. (1999). Interrelationships among the elements of national innovation systems: a statistical evaluation // *European Journal of Operational Research*, 119(2), 235–253. DOI: 10.1016/S0377-2217(99)00128-9.

Nelson, R. R. (1993), ed. *National innovation systems: a comparative analysis*. Oxford: Oxford university press, 560 p.

Niosi, J., Saviotti, P., Bellon, B. and Crow, M. (1993). National systems of innovation: in search of a workable concept // *Technology in society*, 15 (2), 207–227. DOI: 10.1016/0160-791X(93)90003-7.

North, D. C. (1990). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge: Cambridge University Press, 164 p.

OECD. *National Innovation Systems*. (1997). Paris: OECD Publishing. (<https://www.oecd.org/science/inno/2101733.pdf> – Дата обращения: 21.10.2017).

OECD.Stat. (<http://stats.oecd.org/Index.aspx?QueryId=251#> – Дата обращения: 21.10.2017).

Patel, P. and Pavitt, K. (1994). National innovation systems: why they are important, and how they might be measured and compared // *Economics of innovation and new technology*, 3 (1), 77–95. DOI: 10.1080/10438599400000004.

Porter, M. E. and Stern, S. (2001). *National Innovative Capacity. The Global Competitiveness Report 2001–2002*. New York: Oxford University Press, pp. 102–118.

The World Bank. *DataBank. World Development Indicators*. (https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.МКТР.РР.СД?year_high_desc=true – Дата обращения: 21.10.2017).

UIS.Stat. (<http://data.uis.unesco.org/Index.aspx?queryid=78> – Дата обращения: 21.10.2017).

Web of Science. (http://apps.webofknowledge.com/RAMore.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=X1MEWiCVw2aDuW6bZYK&qid=2&ra_mode=more&ra_name=CountryTerritory&colName=WOS&viewType=raMor – Дата обращения: 21.10.2017).

World Intellectual Property Organization. (http://www.wipo.int/ipstats/en/statistics/country_profile/profile.jsp?code=RU – Дата обращения: 21.10.2017).

REFERENCES

- Balzat, M. and Hanusch, H.* (2004). Recent trends in the research on national innovation systems. *Journal of Evolutionary Economics*, 14 (2), 197–210. DOI: 10.1007/s00191-004-0187-y.
- Caracostas, P.* (2007). The policy-shaper's anxiety at the innovation kick: how far do innovation theories really help in the world of policy. Perspectives on innovation. Cambridge, Cambridge University Press, pp. 464–489. DOI: 10.1017/CBO9780511618390.026.
- Chang, P. L. and Shih, H. Y.* (2004). The innovation systems of Taiwan and China: a comparative analysis. *Technovation*, 24 (7), 529–539. DOI: 10.1016/S0166-4972(02)00117-7.
- Cooke, P., Heidenreich, M. and Braczyk, J.* (1998), eds. Regional Innovation Systems: The role of governance in a globalized world. London: Psychology Press, 499 p.
- Edquist, C.* (2004). Systems of innovation: perspectives and challenges. The Oxford Handbook of Innovation. Oxford: Oxford University Press, pp. 14–45. DOI: 10.1093/oxfordhb/9780199286805.003.0007.
- Engerman, S. L. and Sokoloff, K. L.* (2008). Institutional and Non-Institutional Explanations of Economic Differences. In: Handbook of New Institutional Economics. Berlin: Springer, pp. 639–665. DOI: 10.1007/978-3-540-69305-5_26.
- Ernst, D.* (2011). China's Innovation Policy Is a Wake-Up Call for America. *AsiaPacific Issues*, 100, 1–12.
- Eurostat.* (<http://ec.europa.eu/eurostat/web/science-technology-innovation/data/main-tables> – Access Date: 23.10.2017).
- Federal State Statistics Service (Rosstat).* Available at: <http://www.gks.ru/> (Access Date: 23.10.2017).
- Freeman, C.* (1987). Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan. London: Pinter Publishers, 155 p.
- Friedman, L. and Imamkulieva, E.* (2017). Science and Economic Development in Countries of the East and the West. *World Economy and International Relations*, 61 (8), 37–47. DOI: 10.20542/0131-2227-2017-61-8-37-47 (In Russian).
- Geels, F. W. and Schot, J.* (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. *Research policy*, 36 (3), 399–417. DOI: 10.1016/j.respol.2007.01.003.
- Ivanova, N.* (2016). Innovation Policy: Theory and Practice. *World Economy and International Relations*, 60 (1), 5–16. (In Russian).
- Klein Woolthuis, R., Lankhuizen, M. and Gilsing, V.* (2005). A system failure framework for innovation policy design. *Technovation*, 25 (6), 609–619. DOI:10.1016/j.technovation.2003.11.002.
- Lundvall, B. A.* (1992), ed. National Systems of Innovation—Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning. London: Pinter Publishers, 342 p.
- Malerba, F.* (2002) Sectoral systems of innovation and production. *Research policy*, 31 (2), 247–264. DOI: 10.1016/S0048-7333(01)00139-1.
- Nasierowski, W. and Arcelus, F. J.* (1999) Interrelationships among the elements of national innovation systems: a statistical evaluation. *European Journal of Operational Research*, 119 (2), 235–253. DOI: 10.1016/S0377-2217(99)00128-9.
- Nelson, R. R.*, (1993), ed. National innovation systems: a comparative analysis. Oxford, Oxford university press, 560 p.
- Niosi, J., Saviotti, P., Bellon, B. and Crow, M.* (1993). National systems of innovation: in search of a workable concept. *Technology in society*, 15 (2), 207–227. DOI: 10.1016/0160-791X(93)90003-7.
- North, D. C.* (1990). Institutions, Institutional Change and Economic Performance. Cambridge, Cambridge University Press, 164 p.

OECD. National Innovation Systems. Paris, OECD Publishing, 1997. (<https://www.oecd.org/science/inno/2101733.pdf> – Access Date: 23.10.2017).

OECD.Stat. (<http://stats.oecd.org/Index.aspx?QueryId=251#> – Access Date: 23.10.2017).

Patel, P. and Pavitt, K. (1994). National innovation systems: why they are important, and how they might be measured and compared. *Economics of innovation and new technology*, 3 (1), 77–95. DOI: 10.1080/10438599400000004.

Porter, M. E. and Stern, S. (2001). National Innovative Capacity. The Global Competitiveness Report 2001–2002. New York, Oxford University Press, 2001, pp. 102–118.

The World Bank. DataBank. World Development Indicators. (https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.CD?year_high_desc=true – Access Date: 23.10.2017).

UIS.Stat. (<http://data.uis.unesco.org/Index.aspx?queryid=78> – Access Date: 23.10.2017).

Web of Science. (http://apps.webofknowledge.com/RAMore.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=X1MEWiCVw2aDuW6bZYK&qid=2&ra_mode=more&ra_name=CountryTerritory&colName=WOS&viewType=raMor – Access Date: 23.10.2017).

World Intellectual Property Organization. (http://www.wipo.int/ipstats/en/statistics/country_profile/profile.jsp?code=RU – Access Date: 23.10.2017).