

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ¹

МАТРИЗАЕВ Бахадыр Джуманиязович, к.э.н., matrizaev@mail.ru, Финансовый университет при Правительстве РФ, Москва, Россия
ORCID: 0000-0002-6270-9002; Web of Science Researcher ID: F-5364-2019,
SPIN-код: 8331-2270, Author ID: 380043

Многие азиатские экономики, особенно стран Юго-Восточной Азии, в последние десятилетия признаются наиболее конкурентоспособными и динамичными в мире. Например, новые индустриальные страны НИС – Южная Корея, Сингапур и Тайвань, отличаются устойчивым экономическим ростом за счет различных подходов к модернизации и научно-техническому прогрессу, но в рамках парадигмы «догоняющего развития». Эта концепция довольно часто применяется и для российской экономики. Поэтому сегодня особую актуальность приобретает тема выявления преимуществ и недостатков стратегии «догоняющего развития» с точки зрения их полезности для объяснения траекторий развития науки и инноваций. Целью данной статьи является исследование теоретико-методологических особенностей макроэкономической оценки последствий технологических изменений и их эффективности в европейских странах в период 2011-2018 гг., и на этой основе выявить преимущества и недостатки двух моделей: «сдвигов технологических рубежей» и «догоняющего развития», которые способствуют конвергенции национальных инновационных систем, или, наоборот, их дивергенции. В этих целях предпринята попытка применения методологии глобального индекса производительности в качестве действенного показателя оценки эффективности инновационной динамики в европейских странах. Одним из результатов нашего исследования является выявление достоверного свидетельства того, что инновационная деятельность не обязательно подразумевает технологические усовершенствования. Научная новизна нашего исследования состоит в совершенствовании понимания того, как инновационные системы функционируют во времени. Практическое применение результатов данного исследования могло бы быть связано с изучением динамики взаимодействий внутри интеграционного объединения (Евразийского экономического союза), а также внутри-российском региональном уровне.

Ключевые слова: инновационная динамика, эффективность, методология, модель, технологическая производительность.

DOI: 10.47711/0868-6351-191-155-168.

Введение. Инновации являются одной из основных детерминант современного экономического развития. Поскольку в силу стартовых институциональных, экономических и социальных условий разные страны внедряют инновации с разной скоростью и динамикой, имеющиеся данные указывают на продолжение тренда увеличения страновых и континентальных различий инновационной динамики. В частности, одна из главных задач нашего исследования состоит в том, чтобы выявить преимущества и недостатки моделей «догоняющего развития» и сдвигов технологических рубежей, которые способствуют конвергенции национальных инновационных систем, или, наоборот, их дивергенции, т.е. когда модель «технологических изменений» будет более эффективной, чем модель «догоняющего развития». Чтобы выявить эту основную динамику, применим концепцию глобального индекса произво-

¹ Статья выполнена в рамках фундаментальной научно-исследовательской работы «Теоретические основы формирования новой парадигмы управления социально-экономическим, технологическим и финансовым развитием России: междисциплинарный синтез эволюционных и волновых концепций».

дительности, предложенную Стеном Мальмквистом в работе [1], применительно к сравнению производственных технологий двух экономик и используем данные Европейского инновационного барометра, которые включают статистическую информацию за 2011-2018 гг. Анализ динамики отдельных стран, основанный на индексе глобальной производительности Мальмквиста, показывает, что прирост производительности в результате роста инноваций наоборот снижается. В ходе наших более ранних и последующих исследований [2; 3], мы условно разделили звенья глобальной инновационной матрицы на страны-«детерминанты», т.е. страны, которые реализуют «прорывные» инновации, и страны-«миноры», т.е. страны, имитирующие уже изобретенные инновации. Результаты свидетельствуют о том, что инновационная деятельность не обязательно подразумевает технологические усовершенствования. Кроме того, инновационная деятельность не всегда является побудительным мотивом страны-«миноры» догонять инновационно развитые страны-«детерминанты». В статье также исследуются последствия принимаемой регуляторной политики.

Теоретические предпосылки оценки эффективности технологических изменений. Как отмечается во многих исследованиях, в частности Х. Лейбенштайном [4], среди многих экономических, социальных и институциональных последствий, которые инновации могут оказать на современное общество, повышение эффективности и производительности, как утверждается, является одним из основных преимуществ.

Между тем, взаимосвязь инноваций, эффективности и производительности двояка. С одной стороны, инновации преобразуются в повышение эффективности, которое представлено сдвигами границы технологических рубежей, т.е. в глобальной инновационной матрице, обусловленными инновациями, внедренными странами-«детерминантами» [5]. С другой – по мере того, как инновации проникают на рынок, их распространение на другие территории и (или) институты также позволяет «имитаторам» и (или) «догонятелям» извлекать выгоду из повышения эффективности, производимого «пионерами» и (или) «догоняемыми» данными инноваций [6]. Представляется разумным предположить, что между созданием инноваций и их распространением в глобальном масштабе может присутствовать некоторый лаг. Однако также представляется объяснимым то обстоятельство, что вследствие меньших инвестиций со стороны стран-«миноров», для извлечения выгод от инноваций эти страны должны догонять технологический рубеж опережающими темпами относительно фактической динамики самого технологического рубежа. Для разработки радикальных инноваций требуются значительные инвестиции, но предельные издержки, связанные с их распространением, экспоненциально снижаются, поскольку ведущие институты/территории уже взяли на себя значительные затраты [7]. Другими словами, скорость процессов имитации инноваций должна на порядок превышать скорость сдвига технологического рубежа.

Эту гипотезу мы пытаемся исследовать и подтвердить (либо опровергнуть) в данной статье. Следовательно, согласно данной гипотезе должен наблюдаться процесс конвергенции с точки зрения уровней производительности в этих странах, при этом уровни производительности в странах-«минорах» должны превышать аналогичные показатели стран-«детерминантов».

Мы предполагаем, что проведение данного исследования позволит получить новое динамичное представление об эволюции производительности в инновационных системах. Это поможет регуляторным органам определить, насколько будет эффективна политика, реализуемая в их соответствующих инновационных системах с течением времени, и как скоро они достигнут поставленных целей. Это важно и для России, так как критерии эффективности инновационной деятельности, и особенно экономической политики, направленной на ее развитие, до сих пор не являются очевидными.

Страны-участницы глобальной инновационной матрицы условно разделяем на две группы: страны-«детерминанты» – страны, формирующие границы технологических

возможностей на глобальном уровне, и; страны-«миноры» – страны, целью которых является достижение границы технологических возможностей, сформированных странами-«детерминантами».

Вначале необходимо отметить, что в имеющемся массиве научной литературы немного исследований, в которых авторы подошли к вопросу о конвергенции/дивергенции европейских стран с точки зрения их инновационной деятельности. В частности, Д. Арчибуги и А. Филиппетти [8] в своих исследованиях обнаружили, что в период с 2004 по 2008 г. по большинству показателей инновационной деятельности страны Европейского Союза характеризуются относительной конвергенцией. Тем не менее, в продолжение исследований вышеуказанных авторов отметим исследование Е. Дичоска [9] в котором он представил анализ уже проявленной тенденции, т.е. продолжалась ли эта конвергенция в посткризисный период 2010-2012 гг., указав на растущее неравенство и ухудшение общих показателей инновационной деятельности в этих странах. Его выводы были позже подтверждены в исследовании К. Энфло и П. Хьертстранда [10], которые обнаружили, что большинство европейских стран демонстрируют заметное отставание, что приводит к увеличению дивергенции.

Между тем, для достижения понимания динамичного характера эволюции инновационной производительности и особенностей модели «догоняющего развития», технологических изменений и эффекта масштаба в национальных инновационных системах, мы опираемся на методологию глобального индекса производительности Мальмквиста. Исходные данные, необходимые для расчета глобального индекса производительности Мальмквиста (ГИПМ), нами взяты из ежегодного обзора «Европейский инновационный барометр», который включает статистическую информацию, касающуюся показателей инновационной деятельности в 36-ти странах в период с 2011 по 2018 г. [11].

Наряду с вышеуказанным обзором, многие другие ежегодно публикуемые международные обзоры по инновационной политике свидетельствуют о том, что конвергенция между европейскими странами в области инноваций далека от реальности. Согласно показателям в этих обзорах, в Европе увеличиваются территориальные различия между ведущими и отстающими странами в отношении инноваций. Например, согласно выводам, представленным в отдельных публикациях [6], некоторые страны достигли весьма высоких результатов, в то время как другие едва лишь приблизились к пороговым значениям.

Что же касается скорости достижения границы технологических возможностей Российской Федерацией, то в отдельных аналитических расчетах и исследованиях, проведенных в рамках фундаментальной научно-исследовательской работы² нами была рассчитана математическая разница между количеством патентных национальных заявок этих стран и количеством транснациональных патентных заявок, которая позволила выделить инновационный потенциал, связанный с технологической деятельностью ряда быстрорастущих стран³, находящихся за пределами мировых технологических рубежей.

Для сравнительного анализа нами было взято итоговое количество патентных заявок на единицу выпуска (в нашем случае на 1 млрд. долл. США в постоянных ценах 2010 г.) для стран с формирующейся и развитой экономикой за аналогичный период. Наш анализ показывает, что с 1990-х годов в России и Китае существенно увеличилась интенсивность достижения границы технологических возможностей. В отдельных случаях наш анализ показывает, что в первой половине первого десятилетия

² В рамках фундаментальной научно-исследовательской работы «Цикличность развития мирохозяйственных укладов» по государственному заданию Финансового университета при Правительстве Российской Федерации.

³ В репрезентативную выборку вошли преимущественно страны БРИКС и страны из так называемой группы «Next 11».

текущего столетия Китай даже превзошел уровень Японии. Важно отметить, что интенсивность использования передовых технологий оставалась неизменно низкой в течение всего периода наблюдения не только для ряда других экономик БРИКС+Next 11, но и для экономик США и ряда стран ЕС15.

В целом, из упомянутого нами сравнительного анализа можно сделать четыре промежуточных ключевых вывода. Во-первых, усиление патентной интенсивности ВВП в США и ЕС15 произошло полностью за счет увеличения деятельности на передовых технологических рубежах. Во-вторых, это относится и к Японии, которая демонстрирует очень отчетливый институциональный уклон в сторону высокой интенсивности деятельности за рубежом. В-третьих, и Россия, и Китай существенно увеличили патентную интенсивность своего ВВП, осваивая технологические производства находящиеся на передовом крае мировых технологических рубежей. Простой регрессионный анализ показывает, что увеличение интенсивности национальных патентов на 10% приводит к увеличению на 0,5% интенсивности транснациональных патентов в ВВП. Для России динамика взаимоподдерживающего роста колеблется очень незначительно за весь период наблюдения, и она свидетельствует о сохранении незначительного отставания от стран, обладающих передовыми технологиями. Это может свидетельствовать о том, что у нашей страны сохраняется потенциал участия в технологической гонке по ряду направлений. В-четвертых, Бразилия, Индия и Южная Африка характеризуются умеренным ростом деятельности в области передовых технологий и почти полным отсутствием роста аналогичной деятельности за рубежом, что отличается от тенденций, наблюдаемых в Китае и России. Это, скорее всего, связано с институциональными различиями, обусловленными технологической открытостью различных стран БРИКС+Next 11, а не с недостаточным инновационным потенциалом, поскольку экономики стран БРИКС+Next 11 (за исключением Китая) сопоставимы в отношении патентования передовых технологий.

В целом, Россия, наряду с Китаем, смогла догнать страны с высоким уровнем дохода (ЕС15, США и Япония) в плане пределов мировых технологических рубежей. В последние годы Китаю даже удалось увеличить масштабы достижения пределов мировых технологических рубежей до уровня, наблюдаемого в странах с высоким уровнем дохода. Для России в этих условиях ключевой задачей является удержание позиций в «высшей лиге» технологических инноваций. Другие же страны БРИКС+Next 11 не существенно сократили разрыв с пределами мировых технологических рубежей, в отличие от стран с высоким уровнем дохода. Наши данные подтверждают гипотезу номер один, основанную на наблюдении, что страны со средним уровнем дохода умеренно наращивают инновационный потенциал, в то время как страны с высоким уровнем дохода характеризуются устойчивым инновационным потенциалом на переднем крае технологий.

Далее более подробно обсудим методологию и результаты нашего исследования.

Методологические принципы измерения динамики инновационной производительности. Как было сказано ранее, для сравнения и выявления преимуществ и недостатков моделей «догоняющего развития» и сдвигов технологических рубежей, которые способствуют конвергенции национальных инновационных систем, или, наоборот, их дивергенции, т.е. динамике, при которой модель «технологических изменений» будет более эффективной, чем модель «догоняющего развития», мы применим концепцию глобального индекса производительности для сравнения 36-ти стран, о которых имеется статистическая информация по 27-ми показателям инновационной деятельности, за период с 2011 по 2018 г. Для классификации показателей по параметрам «затраты-выпуск», К. Эдквист [12] в своих исследованиях по-

дробно обсуждает методологическую применимость показателей Европейского инновационного барометра для измерения эффективности инноваций. При этом К. Эдквист [12] обосновывает, что из 27-ми показателей, включенных в инновационный барометр, только 12 действительно имеют значение для оценки эффективности инноваций, и предлагает стандартную или базовую модель, состоящую из 4-х параметров «затрат» и 8-ми параметров «выпуска». Чтобы проверить надежность их концептуального содержания, К. Эдквист [12] также предлагает расширенную модель с 7-ю параметрами «затрат» и 12-ю параметрами «выпуска».

Чтобы верифицировать полученные результаты с новыми подходами, представленными в данной статье, и с имеющимися в научно-исследовательской литературе, используем исходные и расширенные модели, предложенные К. Эдквистом [12]. В табл. 1 (см. *Приложение*) приведены описательные показатели по параметрам, рассчитанные автором на основе как базовой, так и расширенной модели К. Эдквиста, за период 2011-2018 гг.

Исходя из информации, представленной в табл. 1 (см. *Приложение*) можно сказать, что инновационная деятельность в Европе в основном обусловлена инвестициями в НИОКР, осуществляемыми государственными организациями, и инновационными расходами фирм, не связанными с НИОКР, и в гораздо меньшей степени венчурным капиталом и деятельностью в области НИОКР, осуществляемой частным сектором. В свою очередь, наиболее репрезентативными результатами инновационной деятельности в целом в европейском регионе будут, на наш взгляд, экспорт средне-и высокотехнологичной продукции и доля малого и среднего бизнеса, внедряющих продуктовые и технологические инновации, в то время как применение проектов инновационных решений креативных групп представляется наименее показательным результатом инновационной деятельности.

Это указывает на двоякую предвзятость в понимании инноваций в большинстве стран Европы. С одной стороны, расширение инноваций, по-прежнему рассматривается как ожидаемый результат деятельности в области НИОКР, и, в частности НИОКР, финансируемых государственным сектором. Этот классический линейный способ инноваций уже давно подвергается критике в научно-исследовательских кругах [13-15], поскольку он не способствует пониманию возрастающих сложностей инновационной деятельности [16-17]. Вместе с тем результаты инновационной деятельности по-прежнему считаются в основном связанными с деятельностью в области высоких технологий, несмотря на многочисленные данные, свидетельствующие о том, что инновации особенно эффективны в отраслях со средним уровнем высоких технологий [18]. Эти выводы имеют непосредственное отношение к тому, как рассматриваются взаимосвязи между НИОКР и инновациями в российской практике. Особенно в части того, что инновации могут иметь высокий макроэкономический эффект не только в высокотехнологичных секторах экономики.

Кроме того, все большее значение придается социальному измерению инноваций [12; 19], особенно в отношении инновационной политики, ориентированной на устранение серьезных проблем институционального характера [20].

Измерение изменения динамики инновационной производительности привлекает значительное внимание в научной литературе. Наиболее распространенным подходом к измерению изменения производительности является индекс производительности Мальмквиста. Этот индекс был популяризирован Ф. Рольфом и К. Андерсом [1], которые сделали данный показатель эмпирически поддающимся обработке при анализе охвата данных (DEA), что позволило разложить изменение производительности на отдельные компоненты: изменение общей эффективности; технологические изменения; эффективность масштаба.

Чтобы отразить основную динамику, обусловленную эволюцией инновационной производительности в европейских странах, начнем с измерения эффективности каждой страны на ежегодной основе (t) в отношении их сочетания в связке «затраты-выпуск». Эффективность рассчитывается на основе стандартной модели анализа охвата данных (DEA) [21]. Определим, что для периода (t) вектор «затраты» имеет вид: $E^t = (e_1^t, \dots, e_n^t) \in Z_+^n$ и вектор «выпуск» имеет вид: $Q^t = (q_1^t, \dots, q_h^t) \in Z_+^h$. Предположим, что в каждый период (t) мы имеем p единиц принятия решений, которые используют n -е количество «затрат» для h -го количества «выпуска», которое будет иметь вид: $(E_i^t, Q_i^t), i = 1, \dots, p$, которые исходят из искомой (технологический рубеж) технологии: $T^t = \{(E^t, Q^t) \in Z_+^n \times Z_+^h: E^t \text{ производит } Q^t\}$.

Тогда выражение T^t при условии постоянной отдачи от масштаба будет иметь следующий вид: $T_c^t = \{(E^t, Q^t) \in Z_+^n \times Z_+^h: \sum_{i=1}^p \beta_i E_i^t \leq E^t, \sum_{i=1}^p \beta_i Q_i^t \geq Q^t, \beta_i \geq 0\}$, а при условии переменной отдачи от масштаба будет иметь следующий вид: $T_v^t = \{(E^t, Q^t) \in Z_+^n \times Z_+^h: \sum_{i=1}^p \beta_i E_i^t \leq E^t, \sum_{i=1}^p \beta_i Q_i^t \geq Q^t, \sum_{i=1}^p \beta_i = 1, \beta_i \geq 0\}$. Эффективность каждой единицы принятия решений может быть определена путем вычисления расстояния от каждой единицы принятия решений до границы искомой технологии T_c^t и T_v^t при условиях постоянной и переменной отдачи от масштаба соответственно.

Это расстояние можно рассчитать, следуя методологии А. Чарнса [22]. В оригинальном виде данная формула позволяет вычислить относительную эффективность каждой единицы принятия решений (в нашем случае инновационной системы) следующим образом:

$$\max_{\varphi^t, \sigma^t} \frac{\sum_{z=1}^h \sigma_{zk}^t \omega_{hk}^t}{\sum_{j=1}^h \varphi_{jk}^t e_{hk}^t}. \quad (1)$$

Соответственно, мы имеем:

$$\frac{\sum_{z=1}^h \sigma_{zk}^t \omega_{zi}^t}{\sum_{j=1}^h \varphi_{jk}^t e_{ji}^t} \leq 1, i = 1, \dots, p, \quad (2)$$

где σ_{zk}^t и φ_{jk}^t обозначают оптимальный удельный вес «затрат» и «выпуска», когда относительная эффективность единиц (E_k^t, Q_k^t) оценивается относительно всех $i = 1, \dots, p$ единиц принятия решений, включая саму себя. Модель (2) определяет наиболее благоприятные удельные веса «затрат» и «выпуска», которые приводят к максимально возможному уровню производительности (E^t, Q^t) по сравнению с остальными инновационными системами. Обратим внимание, что, поскольку удельные веса представляют собой агрегированные функции, как целевая функция, так и набор множества $i = 1, \dots, p$ в модели (2) представляют собой правильные определения производительности, т.е. отношение совокупного «выпуска» к совокупным «затратам», нормализующее максимальную производительность до единицы. Эта нормализация позволяет интерпретировать оптимальное значение модели (2) как технологическую эффективность. В частности, когда страна достигает технологической эффективности, равную единице, то расстояние от оцениваемой единицы до искомой границы технологического рубежа будет равно нулю. И напротив, если страна работает неэффективно и демонстрирует технологическую эффективность строго меньше единицы, то расстояние от этой точки до искомой границы технологического рубежа будет строго больше нуля.

Вместо модели (2), которая является нелинейной по своей природе, мы попытаемся получить эквивалентную линейную модель. Ввиду весьма большого массива технических преобразований в процессе моделирования наших уравнений, в статье мы ограничимся конечными результатами наших моделей. Таким образом, искомая нами эквивалентная линейная модель будет иметь следующий конечный вид:

$$-\sum_{j=1}^h \varphi_{jk}^t e_{ji}^t + \sum_{z=1}^h \sigma_{zk}^t \omega_{zi}^t \leq 0, i = 1, \dots, p. \quad (3)$$

В моделях (2) и (3) предполагается, что значения постоянной отдачи от масштаба условны. Здесь необходимо напомнить, что А. Чарнс [22] в своих исследованиях представил модель анализа охвата данных, которая позволяет иметь дело с другими типами отдачи от масштаба, а именно переменной отдачей от масштаба. Считаем, что математически линейную модель (3) можно модифицировать, просто добавив новую переменную свободного решения τ_k^t , связанную со скрытой прибылью оцениваемой единицы. После проведения определенных технических преобразований искомая модель будет иметь следующий конечный вид:

$$-\sum_{j=1}^h \varphi_{jk}^t e_{ji}^t + \sum_{z=1}^h \sigma_{zk}^t \omega_{zi}^t + \tau_k^t \leq 0, i = 1, \dots, p. \quad (4)$$

Кроме того, обратные оптимальные значения моделей (2), (3) и (4) совпадают с хорошо известной функцией расстояния Р. Шепарда [23] («затраты»), обозначаемой как $D_j^{T^t}(E_k^t, Q_k^t)$ при условии постоянной отдачи от масштаба и $D_j^{T^t}(E_k^t, Q_k^t)$ при условии переменной отдачи от масштаба. Мы будем обозначать функцию расстояния Шепарда как $D_j^{T^t}(E_k^t, Q_k^t)$, поскольку нам нет необходимости различать по типу возврат от масштаба.

После того, как мы оценим технологическую эффективность европейских стран за период с 2011 по 2018 г. в соответствии с предыдущими модельными технологиями (где t принимает значения 2011, ..., 2018), можно определить изменение производительности по времени и даже найти ее драйверы. Для этого необходимо рассчитать индекс изменения производительности. Среди существующих показателей глобальный индекс производительности Мальмквиста является наиболее распространенным. Тем не менее, для вычисления глобального индекса производительности функция расстояния Шепарда должна быть рассчитана одновременно для всех периодов времени, т.е. $D_j^{T^t}(E_k^t, Q_k^t)$ для $t = 2011, \dots, 2018$, вместе с так называемыми функциями расстояния со смешанным периодом, которые отражают расстояние точки данных в период времени t_1 относительно технологии периода t_2 , т.е. $D_j^{T^{t_2}}(E_k^{t_1}, Q_k^{t_1})$, также как и расстояние точки данных в периоде времени t_2 относительно технологии периода t_1 , т.е. $D_j^{T^{t_1}}(E_k^{t_2}, Q_k^{t_2})$, где $t_1, t_2 = 2011, \dots, 2018$, при $t_1 < t_2$. Для определения функций расстояния со смешанным периодом необходимо решить следующие четыре модели, которые дополнительно зависят от предполагаемого типа возврата от масштаба. В этом отношении модели (5) и (6) предполагают постоянную отдачу от масштаба, а модели (7) и (8) – переменную.

Итак, в конечной форме эти модели имеют следующий вид:

$$-\sum_{j=1}^h \varphi_{jk}^{t_1 t_2} e_{ji}^{t_2} + \sum_{z=1}^h \sigma_{zk}^{t_1 t_2} \omega_{zi}^{t_2} \leq 0, i = 1, \dots, p \quad (5)$$

$$-\sum_{j=1}^h \varphi_{jk}^{t_2 t_1} e_{ji}^{t_1} + \sum_{z=1}^h \sigma_{zk}^{t_2 t_1} \omega_{zi}^{t_1} \leq 0, i = 1, \dots, p \quad (6)$$

$$-\sum_{j=1}^h \varphi_{jk}^{t_1 t_2} e_{ji}^{t_2} + \sum_{z=1}^h \sigma_{zk}^{t_1 t_2} \omega_{zi}^{t_2} + \tau_k^{t_1 t_2} \leq 0, i = 1, \dots, p \quad (7)$$

$$-\sum_{j=1}^h \varphi_{jk}^{t_2 t_1} e_{ji}^{t_1} + \sum_{z=1}^h \sigma_{zk}^{t_2 t_1} \omega_{zi}^{t_1} + \tau_k^{t_2 t_1} \leq 0, i = 1, \dots, p. \quad (8)$$

В результате имеем формулу индекса производительности Мальмквиста. В самом общем виде она имеет следующий вид:

$$M_j(E_k^{t_1}, Q_k^{t_1}, E_k^{t_2}, Q_k^{t_2}) = \left(\frac{D_j^{T^{t_1}}(E_k^{t_1}, Q_k^{t_1})}{D_j^{T^{t_2}}(E_k^{t_1}, Q_k^{t_1})} \cdot \frac{D_j^{T^{t_2}}(E_k^{t_1}, Q_k^{t_1})}{D_j^{T^{t_2}}(E_k^{t_2}, Q_k^{t_2})} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (9)$$

а глобальный индекс производительности – следующий вид:

$$M_j^G(E_k^{t_1}, Q_k^{t_1}, E_k^{t_2}, Q_k^{t_2}) = \frac{D_j^{T^G}(E_k^{t_1}, Q_k^{t_1})}{D_j^{T^G}(E_k^{t_2}, Q_k^{t_2})}, \quad (10)$$

где $t_1, t_2 = 2011, \dots, 2018$, при $t_1 < t_2$.

Кроме того, функция $D_j^{T^G}(E_k^t, Q_k^t)$ представляет собой функцию расстояния Шепарда [23], рассчитанную на основе единицы принятия решений k , наблюдаемой во времени t , и глобальной искомой технологии (технологического рубежа), построенной на основе объединения всех данных за все периоды. Значения «затрат» были введены в глобальный индекс производительности, поскольку страны могут влиять на объем «затрат», направленных в инновационную систему и на то, как они будут распределяться/внедряться в них (т.е. направленность инновационной политики). И напротив, для инновационных систем весьма непросто определить напрямую объем «выпуска».

Таким образом, после промежуточного расчета всех сопутствующих показателей индекса производительности Мальквиста и последующей тщательной проверки гипотезы о характере принадлежности определенной технологии к условиям постоянной отдачи от масштаба или условиям переменной отдачи от масштаба, можно приступить к расчету итоговых значений глобального индекса производительности на основе модели Ф. Рольфа и К. Андерса, и расчета на основе предложенных нами авторских моделей отдельных компонентов глобального индекса: изменение общей эффективности; технологические изменения; и эффективность от масштаба. Итоговые значения этих показателей приведены в табл. 2 (см. *Приложение*).

Эмпирический анализ результатов оценки динамики технологических изменений. Как можно наблюдать в табл. 2 (*Приложение*) из 25-ти стран, в период с 2011 по 2012 г., странами с наибольшим ростом производительности являются Ирландия (1,628), Чешская Республика (1,405), Испания (1,403) и Бельгия (1,395). С другой стороны, относительная производительность в 10 странах снизилась (Германия, Франция, Мальта, Польша, Словения, Великобритания, Швейцария, Турция, Испания и Италия). В свою очередь, в период с 2017 по 2018 г. соотношение стран, которые снизили свою относительную производительность, возросло до 15 (Дания, Германия, Франция, Венгрия, Нидерланды, Польша, Португалия, Финляндия, Швеция, Великобритания, Израиль, Швейцария, Турция, Испания и Италия). И наоборот, страной, чей рост производительности был самым большим в период с 2017 по 2018 г., является Бельгия (1,603).

Представленные результаты свидетельствуют о том, что прирост производительности в результате инвестиций в инновации со временем снижается. Об этом свидетельствует снижение среднего показателя глобального индекса производительности, как показано в табл. 2 (см. *Приложение*). На наш взгляд, это имеет серьезные последствия для разработки инновационной политики как в Европе, так и в других странах, в том числе и в России, из-за отсутствия отдачи от инвестиций, которую, по-видимому, обуславливает инновационная политика в большинстве стран. Следовательно, это ставит под сомнение текущую политику распределения ресурсов и требует пересмотра того, как разрабатывается инновационная политика во многих европейских странах. Важное значение эти выводы имеют и для такого интеграционного объединения, как ЕАЭС, в котором только начинаются попытки гармонизации научно-технологической и промышленной политики.

Отметим, что полученные нами в ходе нашего исследования результаты свидетельствуют о том, что инновационная деятельность не обязательно приводит к качественным технологическим изменениям. Это предположение часто считается само собой разумеющимся и с которым мы столкнулись в ряде изученных нами исследований [19; 22]. Наши результаты также свидетельствуют о том, что в искомой границе технологий (технологического рубежа) наблюдается смешение периодов (т.е. границы t и $t + 1$ пересекаются). Это обосновывает необходимость рассмотрения альтернативных методологических подходов, которые включают дополнительные

ограничения, позволяющие получить более четкие результаты, как упоминалось нами в самом начале нашей статьи.

Невозможно прийти к какому-либо однозначному выводу относительно существования эффекта масштаба, поскольку значение индекса эффективности масштаба ежегодно меняется для большинства стран, включенных в выборку. С нашей точки зрения, эти результаты могут быть обусловлены существованием технологических рубежей с перекрестными периодами, что также обосновывает необходимость использования альтернативных методологий в дальнейших исследованиях. Большинство стран демонстрируют волнообразную эволюцию, предполагающую, что отдача от масштабов их инновационной деятельности варьируется от периода к периоду, что приводит к неубедительным результатам. Второй по величине кластер включает те страны, динамическая структура которых указывает на то, что их инновационная деятельность демонстрирует постоянную отдачу от масштаба. Также стоит подчеркнуть, что ни одна из стран нашей выборки не демонстрирует увеличения отдачи от масштаба в своей инновационной деятельности.

Выводы. В целом, результаты нашего исследования свидетельствуют о том, что инновационная деятельность не обязательно подразумевает технологические усовершенствования. Фактически, полученные нами отрицательные темпы технологических изменений наблюдаются в течение нескольких лет. Кроме того, и вопреки тому, что утверждает теория, инновационная деятельность не приводит к тому, что страны-«миноры» догоняют страны, формирующие технологические рубежи, т.е. страны-«детерминанты». Это важный результат, поскольку он указывает на существование весьма весомых различий и расхождений при формировании инновационной политики. Этот вывод следует учитывать и при формировании научно-технологической политики в Российской Федерации, понимая, что глубокий анализ возможных количественных и качественных эффектов развития различных технологий должен быть неотъемлемым элементом подготовки и реализации соответствующих технологических программ. В целом он свидетельствует о существенных барьерах даже для тех стран, которые составляют одно интеграционное объединение, в котором обмен всеми видами ресурсов максимально упрощен.

Все вышесказанное приводит к следующему выводу двойственного характера. *Во-первых*, в ходе нашего исследования было показано, что существует широкий диапазон маневра для совершенствования инновационной политики в целях повышения производительности. *Во-вторых*, результаты, которые мы получили в отношении отдачи от масштаба, на основе европейских стран, указывают на то, что повышение эффективности инновационных систем не обязательно подразумевает увеличение их потенциала, поскольку величина «выпуска» не растет пропорционально величине «затрат». Фактически, наши результаты подтверждают результаты уже имеющихся исследований, которые показывают, что инновационная деятельность не подвержена увеличению отдачи от масштаба [21].

Для России вывод из проведенного исследования может состоять в том, что концепция догоняющего развития имеет более сложное влияние на развитие технологий и экономики, чем это считалось ранее. В связи с этим проводимая в нашей стране научно-технологическая политика должна учитывать тот факт, что значительные эффекты инновационной деятельности могут формироваться в низко- и среднетехнологических секторах экономики. Соответственно дополнительные усилия могут быть также связаны с использованием инновационного потенциала низко и среднетехнологических секторов экономики.

Для координации научно-технологической деятельности на пространстве ЕАЭС важным является вывод о том, что конвергенция по уровню экономического развития может иметь определенные ограничения и страны с более низким уровнем технологического и социально-экономического развития могут достаточно медленно сближаться со странами-«лидерами».

Литература / References

1. Rolf F. and Anders K.: *Sten Malmquist in memoriam* // *Journal of Productivity Analysis*. 2005. Vol. 23. No. 2. May. Pp. 141-142.
2. Борисов В.Н., Почукаева О.В. Развивающее импортозамещение как следствие роста конкурентоспособности инвестиционной техники // *Развитие территорий*. 2021. № 2(24). С. 10-18. [Borisov V.N., Pochukaeva O.V. Developing import substitution as a result of the growth of the competitiveness of investment equipment // *Development of territories*. 2021. № 2(24). P. 10-18.]
3. Матризаев Б.Д. Исследование особенностей проциклической динамики инвестиций в научно-технологическое и инновационное развитие экономики на примере стран с «догоняющей» моделью // *Вопросы инновационной экономики*. 2019. Т. 9. № 3. С. 693-708. [Matrizayev B.D. Investigation of the features of the procyclical dynamics of investments in scientific, technological and innovative development of the economy on the example of countries with a «catching up» model // *Issues of innovative economy*. 2019. Vol. 9. No. 3. Pp. 693-708.]
4. Leibenstein, H. X-efficiency: from concept to theory // *Challenge*. 1979. No. 22 (4). Pp. 13-22.
5. Fagerberg, J. A technology gap approach to why growth rates differ // *Res. Pol.* 1987. No. 16. Pp. 87-94.
6. Furman, J., Hayes, R. Catching up or standing still? National innovative productivity among 'follower' countries, 1978-1999 // *Res. Pol.* 2004. No. 33. Pp. 1329-1354.
7. Bergek, A., Hekkert, M., Jacobsson, S., Markard, J., Sandén, B., Truffer, B., *Technological innovation systems in contexts: conceptualizing contextual structures and interaction dynamics* // *Environ. Innov. Soc. Transit.* 2015. No. 16. Pp. 51-64.
8. Archibugi, D., Filippetti, A. Is the economic crisis impairing convergence in innovation performance across Europe? // *J. Common. Mark. Stud.* 2011. No. 49. Pp. 1153-1182.
9. Disoska, E.M., Tevdovski, D., Toshevska-Trpchevska, K., Stojkoski, V. Evidence of innovation performance in the period of economic recovery in Europe // *Innovat. Eur. J. Soc. Sci. Res.* 2018. № 33(3). Pp. 280-295.
10. Enflo, K., Hjerstrand, P. Relative sources of European regional productivity convergence: a bootstrap frontier approach // *Reg. Stud.* 2009. No. 43. Pp. 643-659.
11. European innovation scoreboard. Available. http://ec.europa.eu/growth/industry/innovation/facts-figures/scoreboards_en. 2019.
12. Edquist, C., Zabala-Iturriagoitia, J.M., Barbero, J., Zofio, J.L. On the meaning of innovation performance: is the synthetic indicator of the Innovation Union Scoreboard flawed? // *Res. Eval.* 2018. No. 27 (3). Pp. 196-211.
13. Актуальные проблемы Европы. Европа и Россия // *Инновационное развитие и модернизация экономик*. 2018. № 1. 254 с. [Actual problems of Europe. Europe and Russia. Innovative development and modernization of economies. Moscow: INION RAS, 2018. No. 1. 254 p.]
14. Борисов В.Н. и др. Модернизация промышленности и развитие высокотехнологичных производств в контексте «зеленого роста» / Под ред. акад. Б.Н. Порфирьева. М.: Научный консультант, 2017. 434 с. [Borisov V.N. et al. Modernization of industry and development of high-tech industries in the context of «green growth» / Ed. by Acad. B.N. Porfiriev. M.: Scientific Consultant, 2017. 434 p.]
15. Матризаев Б.Д. Исследование гипотетических основ стратегии технологической модернизации и повышения инновационного потенциала в странах с быстрорастущей экономикой // *Экономика: теория и практика*. 2019. № 1 (53). С. 15-21. [Matrizayev B.D. Research of hypothetical foundations of the strategy of technological modernization and increase of innovative potential in countries with fast-growing economies // *Economics: theory and practice*. 2019. No. 1(53). Pp. 15-21.]
16. Акулова, Е. Инновационные решения на пути к эффективному развитию экономики России. М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. 680 с. [Akulova, E. Innovative solutions towards effective development of the Russian economy. M.: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. 680 c.]
17. Борисов В.Н. и др. Развитие экономики России в аспекте зеленого роста на примере промышленно развитых регионов // *Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН*. 2020. № 18. С. 348-364. [Borisov V.N. et al. The development of the Russian economy in the aspect of green growth on the example of the industrialized regions // *Scientific papers: Institute of Economic Forecasting of RAS*. 2020. № 18. P. 348-364.]
18. Бабурин, В.Л. Инновационные циклы в российской экономике. М.: РГГУ, 2014. 120 с. [Baburin, V.L. Innovation cycles in the Russian economy. Moscow: RSUH, 2014. 120 p.]
19. Актуальные проблемы Европы. Вып. № 1(2013). Европа и Россия. Инновационное развитие и модернизация экономик. Моногр. М.: Институт научной информации по общественным наукам (ИНИОН) РАН, 2016. 900 с. [Actual problems of Europe. Issue No. 1 (2013). Europe and Russia. Innovative development and modernization of economies. Monogr. M.: Institute of Scientific Information on Social Sciences (INION) of the Russian Academy of Sciences, 2016. 900 p.]
20. Лузан, А.А. Инновационное развитие экономики России. Междисциплинарное взаимодействие. Сб. статей. М.: Проспект, 2016. 646 с. [Luzan, A.A. Innovative development of the Russian economy. Interdisciplinary interaction. Collection of articles. M.: Prospect, 2016. 646 p.]
21. Cooper W.W., Seiford L.M., Tone K. *Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. 2nd edition. New York: Springer-Verlag, 2006. С. 528.
22. Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E. Measuring the efficiency of decision making units // *Eur. J. Oper. Res.* 1978. No. 2 (6). Pp. 429-444.
23. Shephard, R.W. *Cost and Production Functions* // *Princeton University Press*. 1953.

Приложение

Таблица 1

Результаты описательных показателей по параметрам, включенным как в базовую, так и в расширенную модели, за период 2011-2018 гг. *

Параметры выпуска	2011 г.		2012 г.		2013 г.		2014 г.		2015 г.		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	Среднее значение	Значение в системной динамике	Среднее значение	Значение в системной динамике	Среднее значение	Значение в системной динамике	Среднее значение	Значение в системной динамике	Среднее значение	Значение в системной динамике	Среднее значение	Значение в системной динамике	Среднее значение	Значение в системной динамике	Среднее значение	Значение в системной динамике
A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
«Затраты»	Расходы на инновации вне НИОКР проектов (базовая)	0,570	0,232	0,448	0,243	0,474	0,243	0,525	0,272	0,525	0,529	0,273	0,529	0,273	0,570	0,259
	Финансирование НИОКР бизнесом (базовая)	0,381	0,317	0,392	0,320	0,399	0,317	0,398	0,315	0,401	0,407	0,309	0,408	0,304	0,413	0,304
	Венчурный капитал (базовая)	0,382	0,296	0,364	0,270	0,320	0,242	0,328	0,231	0,364	0,404	0,296	0,427	0,328	0,447	0,339
	Государственные расходы на НИОКР (базовая)	0,050	0,279	0,510	0,279	0,536	0,282	0,592	0,281	0,536	0,548	0,294	0,481	0,316	0,487	0,320
	Количество исследователей с учеными степенями на 1000 человек населения в возрасте 23-35 лет (расширенная)	0,390	0,266	0,401	0,243	0,426	0,246	0,461	0,269	0,465	0,482	0,265	0,474	0,272	0,455	0,251
	Доля населения в возрасте 23-35 лет имеющая полное высшее образование (расширенная)	0,479	0,284	0,479	0,284	0,479	0,284	0,479	0,284	0,504	0,534	0,268	0,556	0,266	0,573	0,263
	Доля населения в возрасте 23-67 лет вошедшего в цикл пожизненного обучения (расширенная)	0,425	0,313	0,425	0,314	0,432	0,320	0,427	0,320	0,424	0,425	0,327	0,427	0,320	0,433	0,323

Продолжение табл. 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
А																
Новые продукты или процессные инновации внепренные малым и средним бизнесом (базовая)	0,597	0,252	0,584	0,252	0,584	0,252	0,507	0,247	0,507	0,247	0,507	0,247	0,542	0,260	0,617	0,282
Экспорт высоко- и средне-технологичных отраслей экономики (базовая)	0,548	0,266	0,533	0,261	0,544	0,261	0,581	0,277	0,610	0,280	0,620	0,286	0,612	0,279	0,612	0,278
Экспорт услуг с высокой долей добавленной стоимости сектора «знаний» (базовая)	0,512	0,288	0,492	0,294	0,509	0,287	0,507	0,288	0,524	0,279	0,524	0,284	0,534	0,273	0,538	0,274
Продажи новых инноваций на рынке и компаниям (базовая)	0,570	0,254	0,509	0,268	0,509	0,268	0,444	0,249	0,444	0,249	0,422	0,287	0,422	0,287	0,467	0,275
Инновации малого и среднего бизнеса «на дому» (базовая)	0,542	0,261	0,555	0,295	0,555	0,295	0,498	0,290	0,498	0,290	0,492	0,288	0,492	0,288	0,583	0,312
Торговые марки креативных коллективов (базовая)	0,389	0,253	0,405	0,265	0,430	0,279	0,450	0,291	0,450	0,281	0,446	0,271	0,455	0,264	0,462	0,267
Дизайнерские решения креативных коллективов (базовая)	0,315	0,261	0,335	0,282	0,369	0,314	0,380	0,325	0,368	0,320	0,360	0,305	0,360	0,281	0,352	0,268
Организационные и маркетинговые инновации малого и среднего бизнеса (базовая)	0,540	0,277	0,581	0,260	0,581	0,260	0,541	0,240	0,541	0,240	0,495	0,280	0,495	0,280	0,525	0,285
Доля цифровых приложений на 1 миллиард долларов ВВП (расширенная)	0,369	0,351	0,359	0,348	0,365	0,351	0,355	0,341	0,363	0,334	0,357	0,329	0,340	0,324	0,345	0,326
Занятость в стартап компаниях (расширенная)	0,596	0,268	0,596	0,268	0,596	0,268	0,596	0,268	0,628	0,263	0,585	0,252	0,589	0,250	0,635	0,260
Занятость в сфере воспроизводства знаний (расширенная)	0,478	0,275	0,486	0,274	0,497	0,274	0,504	0,275	0,518	0,279	0,520	0,275	0,529	0,273	0,533	0,267

* Расчеты автора на основе данных Европейского инновационного барометра.

Таблица 2

Глобальный индекс производительности и его отдельные компоненты: изменение эффективности (т. е. «догоняние»), технологические изменения (т. е. смещение границ эффективной передовой технологии) и изменение эффективности от масштаба (т. е. доход от масштаба)

№ пп	Страна	2011-2012 гг.				2017-2018 гг.			
		Глобальный индекс производительности*	Изменение эффективности**	Технологические изменения**	Изменение эффективности от масштаба**	Глобальный индекс производительности*	Изменение эффективности**	Технологические изменения**	Изменение эффективности от масштаба**
1	Австрия	1,251	1,080	1,198	1,128	1,217	1,080	1,240	1,060
2	Болгария	1,145	1,080	1,179	1,049	1,080	1,080	1,080	1,080
3	Бельгия	1,395	1,083	1,332	1,126	1,080	1,080	1,187	1,458
4	Великобритания	1,068	1,080	1,143	1,008	0,818	0,876	0,836	1,302
5	Венгрия	1,357	1,080	1,232	1,202	0,678	0,872	0,872	0,836
6	Германия	1,020	1,080	1,080	1,020	1,037	1,080	1,080	1,037
7	Дания	1,359	1,080	1,435	1,022	0,910	1,080	0,910	1,079
8	Ирландия	1,220	1,080	1,095	1,203	1,020	1,234	0,884	1,092
9	Ирландия	1,628	1,080	1,080	1,628	1,085	1,080	1,080	1,085
10	Испания	1,403	1,080	1,402	1,080	1,202	1,080	1,202	1,082
11	Италия	1,139	1,080	1,080	1,139	1,104	1,080	1,224	0,974
12	Мальта	1,013	1,080	1,025	1,067	1,080	1,080	1,080	1,080
13	Нидерланды	1,106	1,080	1,406	0,849	1,030	1,080	1,080	1,030
14	Польша	1,016	1,080	0,996	1,101	0,721	0,932	0,707	1,274
15	Португалия	1,333	1,080	1,080	1,333	0,880	1,080	1,110	0,857
16	Румыния	1,279	1,080	1,186	1,164	1,080	1,080	1,080	1,083
17	Словения	1,062	1,080	1,043	1,100	1,081	1,081	1,082	1,080
18	Словакия	1,082	1,080	1,084	1,083	1,080	1,081	1,081	1,081
19	Турция	1,084	1,080	1,080	1,084	1,307	1,295	1,576	0,746
20	Финляндия	1,214	1,028	1,175	1,172	0,794	1,174	1,174	0,727
21	Франция	1,071	0,929	1,380	0,976	0,776	1,086	0,742	1,121
22	Чешская Республика	1,405	1,080	0,983	1,543	1,080	1,080	1,080	1,080
23	Швейцария	0,831	1,080	1,080	0,831	0,975	1,080	0,969	1,086
24	Швеция	1,235	1,182	1,215	1,002	1,057	1,022	1,078	1,118
25	Эстония	1,188	1,040	1,026	1,299	1,142	1,536	1,039	0,834

* Расчеты автора на основе модели Ф. Рольфа и К. Андерса.

** Расчеты на основе авторских моделей.



Статья поступила 01.10.2021. Статья принята к публикации 16.11.2021.

Для цитирования: Б.Д. Матризаев. Исследование теоретико-методологических особенностей макроэкономической оценки последствий технологических изменений и их эффективности // Проблемы прогнозирования. 2022. № 2(191). С. 155-168.
DOI: 10.47711/0868-6351-191-155-168

Summary

STUDY OF THEORETICAL AND METHODOLOGICAL FEATURES OF MACROECONOMIC ASSESSMENT OF THE CONSEQUENCES OF TECHNOLOGICAL CHANGES AND THEIR EFFECTIVENESS

B.Dzh. MATRIZAEV, Cand. Sci. (Econ.), Financial University under the Government of the RF, Moscow, Russia

Abstract: Many Asian economies, especially those in Southeast Asia, have been recognized as the most competitive and dynamic in the world in recent decades. For example, the newly industrialized NIS countries – South Korea, Singapore and Taiwan – are distinguished by sustainable economic growth due to different approaches to modernization and scientific and technological progress, but within the framework of the «catching-up development» paradigm. This concept is quite often applied to the Russian economy. Therefore, today the topic of identifying the advantages and disadvantages of the catch-up development strategy in terms of their usefulness for explaining the trajectories of the development of science and innovations is acquiring special relevance. The purpose of this article is to study the theoretical and methodological features of the macroeconomic assessment of the consequences of technological changes and their effectiveness in European countries in the period 2011-2018, and on this basis to identify the advantages and disadvantages of two models: «Shifts in technological frontiers» and «catch-up development», which contribute to the convergence of national innovation systems, or, conversely, their divergence. To this end, an attempt was made to apply the methodology of the global productivity index as an effective indicator for assessing the effectiveness of innovation dynamics in European countries. One of the results of our study is to identify credible evidence that innovation does not necessarily imply technological improvement. The scientific novelty of our research lies in the improved understanding of how innovative systems function over time. The practical application of the results of this study could be associated with the study of the dynamics of interactions within the integration association (Eurasian Economic Union), as well as at the internal Russian regional level.

Keywords: innovation dynamics, efficiency, methodology, model, technological productivity

Received 01.10.2021. Accepted 16.11.2021.

For citation: B.D. Matrizaev. Study of Theoretical and Methodological Features of Macroeconomic Assessment of the Consequences of Technological Changes and Their Effectiveness // Studies on Russian Economic Development. 2022. Vol. 33. No. 2. Pp. 226-235.
DOI: 10.1134/S1075700722020083