

Прикладная эконометрика, 2021, т. 63, с. 91–116.

Applied Econometrics, 2021, v. 63, pp. 91–116.

DOI: 10.22394/1993-7601-2021-63-91-116

А. Н. Цветкова¹

Динамика технической эффективности российских предприятий в 2013–2018 годах²

В статье исследуется техническая эффективность российских предприятий за период с 2013 по 2018 г. методом стохастической производственной границы. Полученные оценки свидетельствуют о том, что техническая эффективность растет с увеличением размера предприятия и сокращается с возрастом. На фоне ухудшения макроэкономической ситуации в 2015–2016 гг. техническая эффективность в большинстве видов деятельности изменилась незначительно. Число видов деятельности с негативной динамикой технической эффективности выше, чем с положительным трендом. Виды деятельности со снижающейся технической эффективностью вносят значительный вклад в занятость и выпуск.

Ключевые слова: техническая эффективность; производственная функция; российские предприятия; метод стохастической производственной границы.

JEL classification: D22; D24; L25.

1. Введение

В 2014 г. российская экономика столкнулась с ухудшением макроэкономической ситуации, причиной стали два связанных шока: с одной стороны, резкое снижение цен на нефть, с другой, введение санкций. Несмотря на то что кризис не был столь сильным, как в 2008–2009 гг., он оказался более затяжным, доходы населения снижались в течение трех лет.

Периоды кризисов могут оказывать и положительное влияние на экономику. В литературе отмечается так называемый «очищающий эффект» кризиса (см. например, (Osotimehin, Rappada, 2017; Caballero, Hammour, 1994)), при котором наименее производительные предприятия оказываются в наибольшей степени подвержены негативным последствиям, что вынуждает их уходить с рынка. Таким образом, рыночный механизм отбирает наиболее эффективные предприятия. В результате выхода с рынка наименее производительных предприятий распределение предприятий может стать более однородным. Таким образом, наблюдающийся в России значительный разрыв между небольшой группой лидеров по производительности и всеми остальными предприятиями (Бессонова, 2018) может сократиться в результате кризиса.

¹ Цветкова Анна Николаевна — Банк России, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»; ann.tsvetkova@gmail.com.

² Настоящая статья выражает личную позицию автора, которая может не совпадать с официальной позицией Банка России. Банк России не несет ответственности за содержание статьи.

Хотя по оценкам Ипатовой (2015), предыдущий кризис 2008–2009 гг., наоборот, привел к увеличению неоднородности предприятий по производству резиновых и пластмассовых изделий.

В настоящей работе оценивается, как кризисный период 2015–2016 гг. отразился на эффективности предприятий российской экономики. Для оценки технической эффективности используется метод стохастической производственной границы (stochastic frontier analysis, SFA). В отличие от макроэкономического подхода, где анализируется эффективность экономики в целом, в данной статье выборка предприятий разделена на подвыборки по отдельным видам деятельности, в рамках которых оценена динамика технической эффективности, а затем полученные выводы обобщены. Кроме того, применение метода стохастической производственной границы позволяет оценивать динамику неоднородности предприятий в рамках одного вида деятельности. Это является крайне важным с точки зрения исследования источников экономического роста, поскольку, как показано в работах на российских данных, наблюдаемое торможение роста является следствием, скорее, не замедления научного прогресса, а увеличения разрыва в уровне производительности между наиболее передовыми предприятиями и всеми остальными (Бессонова, 2018).

Анализ в данной работе показывает, что в течение периода с 2013 по 2018 г. техническая эффективность в большинстве видов деятельности значимо не изменилась, но в ряде видов она снизилась. Доля в занятости и выпуске тех видов деятельности, где отмечается негативный тренд технической эффективности, является значительной и превышает 50%. Проведенные проверки на устойчивость полученных результатов подтверждают вывод о том, что техническая эффективность на российских предприятиях в 2013–2018 гг., скорее, имеет тенденцию к снижению, чем к росту.

Работа структурирована следующим образом. Раздел 2 посвящен обзору литературы, в разделе 3 описаны данные и методы построения отраслевых классификаций и переменных. Методология оценки технической эффективности и используемые в работе модели описаны в разделе 4. Раздел 5 содержит результаты оценивания моделей и сравнения полученных выводов в зависимости от спецификации и отраслевой классификации. Проверка на устойчивость путем ограничения выборки и объединения всех видов деятельности представлена в разделе 6. В заключительном разделе приводятся выводы об отсутствии роста технической эффективности в течение периода с 2013 по 2018 г.

2. Литература

В исследованиях, посвященных динамике экономического роста в России за 30 лет (с начала перехода от плановой экономики к рыночной), выделяют три основных этапа: трансформационный спад, восстановительный подъем и затухание высоких темпов роста (Баранов, Бессонов, 2018).

Сильное падение выпуска и многофакторной производительности (МФП, total factor productivity) в начале 90-х годов сменилось периодом восстановления. С 1998 по 2008 г. рост выпуска сопровождался растущими ценами на экспортные товары, структурными изменениями и институциональными преобразованиями, в результате которых получили развитие сфера услуг и финансовый сектор. Положительный вклад реаллокации труда мог быть еще выше, если бы не расширение неформального сектора, характеризующегося низкой производительностью труда (Voskoboynikov, 2020).

В этот период именно многофакторная производительность стала играть решающую роль в динамике выпуска, а не такие факторы производства, как труд и капитал (Timmer, Voskoboynikov, 2014). На фоне относительно умеренных темпов роста основных фондов (на 1.6%) и занятости (на 2%), ВВП увеличивался в среднем на 6.9% за период с 1998 по 2008 г., что говорит о высоком вкладе многофакторной производительности в восстановительный процесс (Баранов, Бессонов, 2018).

После падения выпуска в кризис 2008–2009 гг. темпы роста были ниже, чем ранее. По оценкам (Voskoboynikov, 2017), замедление темпов роста выпуска в России, как и в других странах, началось еще до начала кризиса. Одной из причин такой динамики можно назвать снижение численности занятых и старение населения (Dabrowski, 2019). Однако демографические проблемы не были единственным сдерживающим фактором роста выпуска. Как и в предыдущий период, определяющую роль играла замедляющаяся динамика многофакторной производительности, кроме того, снизилась интенсивность реаллокации труда. Темп роста основных фондов, напротив, оставался стабильным, поддерживая увеличение выпуска (Voskoboynikov, 2017).

В 2014 г. российская экономика столкнулась с очередным кризисом, вызванным как внешними, так и внутренними факторами, в результате которого в 2015 г. выпуск вновь сократился. Падение не было столь глубоким, как в 2008–2009 гг., однако и сильного восстановительного роста вслед за снижением не последовало. Темпы роста выпуска в 2016–2018 гг. колебались около 2%, что ниже необходимых для сокращения отставания такой страны (характеризующейся средним доходом на душу населения), как Россия, от развитых стран (Dabrowski, 2019). На фоне кризиса рост основных фондов продолжился (Баранов, Бессонов, 2018), однако структура инвестиций продолжила тенденцию к смещению в сторону вложений в строительство, а не в оборудование, что может нести риски снижения качества капитала, сказывающиеся на многофакторной производительности (Орлова, Лаврова, 2019).

На фоне исчерпания экстенсивных источников роста, таких как реаллокация труда и рост числа занятых, увеличение выпуска возможно только за счет интенсивных факторов, таких как многофакторная производительность. Исследования в этой области на данных предприятий показывают, что затухание роста агрегированной производительности сопровождается ростом неоднородности предприятий по этому показателю внутри видов деятельности (Бессонова, 2018).

Таким образом, причиной замедления экономического роста является не торможение научно-технического прогресса, а увеличение отставания основной массы предприятий от лидеров, оперирующих на границе производственных возможностей. Результаты исследования, основанного на опросных данных (Bogetic, Olusi, 2013), также подтверждают эти выводы и свидетельствуют о том, что МФП положительно связана как с размером предприятия, так и с его долей на рынке. Поэтому сокращение отставания от лидеров по производительности может существенно стимулировать рост многофакторной производительности.

По оценкам (Voskoboynikov, 2017), ключевым фактором для ускорения темпов роста многофакторной производительности в России является эффективная реаллокация ресурсов и создание институциональной среды, способствующей диффузии технологий от лидеров к остальным предприятиям. Это может позволить сократить отставание от лидеров, тем самым увеличив совокупную агрегированную производительность. Golikova и Kuznetsov (2017) также подчеркивают важность институциональной среды. Основываясь на опросных данных, авторы отмечают, что предприятия в России сталкиваются с барьерами, препятствующими

их росту и достижению оптимального объема производства, в результате чего фирмы остаются недостаточно крупными, чтобы стать эффективными и конкурентоспособными.

Теме неоднородности предприятий внутри отдельных видов деятельности посвящен ряд работ, в которых для оценки эффективности производства используется не многофакторная производительность, а техническая эффективность, полученная в результате оценки моделей стохастической производственной границы (SFA). В рамках этого метода предполагается, что для каждого вида деятельности можно определить границу производственных возможностей, отражающую максимально возможный выпуск при заданных объемах ресурсов (Aigner et al., 1977). Реальный выпуск предприятий (определенного вида деятельности) находится на некотором расстоянии до этой границы. Чем больше расстояние до нее, тем ниже техническая эффективность предприятия. Таким образом, метод SFA позволяет одновременно оценить параметры производственной функции и эффективность предприятия относительно производственной границы.

Метод стохастической производственной границы применялся в исследованиях, посвященных предприятиям в различных странах, в том числе и в России. По оценкам Ипатовой, Пересецкого (2013) и Ипатовой (2015), кризис 2008–2009 гг. негативно отразился на технической эффективности предприятий, производящих резиновые и пластмассовые изделия. Следствием кризиса стало снижение средней технической эффективности и увеличение неоднородности предприятий, относящихся к данному виду деятельности. Оценки технической эффективности демонстрировали высокую стабильность, указывая на сложность и длительность процессов сокращения отставания от лидеров. Ипатова (2015) также показала, что предприятия с наиболее высоким уровнем технической эффективности в течение 2006–2012 гг. демонстрировали рост этого показателя. При этом неэффективные предприятия за этот период только снизили свою техническую эффективность.

Результаты оценивания моделей с непосредственным включением времени в спецификацию для технической эффективности показывают тенденцию к ее снижению в пищевой промышленности в 2003–2010 гг. (Щетинин, Назруллаева, 2012). В работах, учитывающих возможное влияние характеристик компаний на их техническую эффективность, показано положительное влияние инвестиций (Щетинин, Назруллаева, 2012), а также размера и экспортного статуса (Краснопеева и др., 2016).

3. Данные

В настоящей статье источником данных о российских предприятиях является база Ruslana Bureau van Dijk³, доступ к которой был предоставлен НИУ ВШЭ.

Периодом для анализа являются 2013–2018 гг. Более ранние данные не используются, поскольку в 2011–2013 гг. база данных расширялась, и число предприятий, как небольших, так и крупных, значительно увеличилось. Начиная с 2013 г. число предприятий более или менее стабилизировалось. Для текущего анализа это крайне важно, поскольку изменения структуры

³ Информация была скачана в течение осени 2019 года. Преимуществом этой базы данных (<https://www.bvdinfo.com/ru-ru/our-products/data/national/ruslana>) над аналогичным источником СПАРК-Интерфакс (<https://www.spark-interfax.ru/>), а также над данными о бухгалтерской отчетности, предоставляемыми Росстатом, является наличие ретроспективной информации о численности сотрудников.

выборки могут быть проинтерпретированы как изменения в эффективности предприятий. В целях сделать выборку однородной в течение периода исследования анализ ограничен только предприятиями с численностью сотрудников от 50 человек. Таким образом, из выборки были исключены небольшие предприятия, достоверность предоставляемой информации о которых ниже, чем для более крупных фирм. Кроме того, в рядах данных небольших предприятий больше пропусков, чем у крупных компаний.

В связи с тем, что в выборке не представлена теневая экономика, а также небольшие предприятия, она несколько смещена в сторону крупных и легально действующих предприятий, которые, как правило, являются более эффективными.

В статье используются данные о выручке, внеоборотных активах, прочих оборотных средствах, занятости, себестоимости, затратах на труд, а также о дате регистрации. В качестве вспомогательного показателя был произведен расчет производительности труда как отношения выпуска к числу сотрудников. Наиболее точно производительность труда отражает показатель, рассчитанный с использованием числа отработанных часов вместо численности сотрудников. Подобный показатель учитывает тот факт, что предприятия в кризисные периоды могут прибегать к практике сокращенных рабочих часов, сохраняя число сотрудников. Однако подобный показатель доступен только на агрегированном уровне. Тем не менее, как показывают Гимпельсон и Капелюшников (2015), в рассматриваемый период интенсивность использования механизмов адаптации с помощью изменения часов работы не столь значительна, как это было в период трансформационного кризиса 1990-х годов и кризиса 2008–2009 гг.

Стоимостные показатели, за исключением внеоборотных активов, дефлируются с помощью двух типов индексов цен. Для непромышленных секторов используются дефляторы валовой добавленной стоимости. Данные по этому показателю опубликованы Росстатом по крупным секторам. Для промышленных видов деятельности используется индекс цен производителей, поскольку этот показатель публикуется в более подробной классификации на уровне 2–3 знаков кодов ОКВЭД. Внеоборотные активы продефлированы с помощью рассчитанного индекса цен основных средств. Этот индекс построен как отношение индекса стоимости основных средств к индексу физического объема. Данные по этому показателю публикуются по крупным секторам.

До 2017 г. официальная статистика по видам деятельности, в том числе индексы цен, публиковались в классификаторе ОКВЭД1. После 2017 г. произошел переход на новый классификатор ОКВЭД2. В базе данных Ruslana указан актуальный классификатор, т. е. принадлежность предприятия виду деятельности только согласно ОКВЭД2. Для построения индексов цен, охватывающих период анализа с 2013 по 2018 г., использованы два источника информации о соответствии двух классификаторов. Во-первых, из открытых данных Росстата⁴ получена информация о кодах ОКВЭД1, которые предприятия в выборке указывали до 2017 г. в качестве основного. Во-вторых, в случае отсутствия информации в открытых

⁴ В Росстате опубликованы данные бухгалтерской отчетности по предприятиям с 2012 по 2018 г. в виде набора (в формате csv), который включает в себя ряд идентификаторов предприятия (в том числе ИНН и код ОКВЭД), показатели бухгалтерского баланса, отчеты о финансовых результатах, изменениях капитала, движении денежных средств, целевом использовании средств. В отличие от базы Ruslana, набор данных содержит ОКВЭД на тот год, когда предоставлена отчетность. См. https://rosstat.gov.ru/opendata?division=&tag=13&updated_from=&updated_to=&search=&search_by_name=on&sort=&per_page=10.

данных Росстата о прежнем коде ОКВЭД1 использовались переходные ключи⁵, разработанные Министерством экономического развития РФ.

Из анализа были исключены предприятия из некоторых сфер деятельности: сельского хозяйства, строительства, финансового сектора, образования, здравоохранения и государственного управления, поскольку для анализа предприятий из этих секторов требуются специальные методы, учитывающие специфику используемых ресурсов, а также получаемых результатов.

В отличие от макроэкономического подхода, который предполагает анализ экономики в целом, в фокусе внимания данной статьи целый набор видов деятельности, для каждого из которых построена своя модель. С целью сгруппировать предприятия так, чтобы получившиеся в результате виды деятельности были максимально однородными, в выборке выделены 105 видов деятельности согласно основному коду ОКВЭД2 предприятия. Таким образом, каждое предприятие относится только к одному виду деятельности. В последующем они будут называться *узкими*. В добывающей и обрабатывающей промышленности узкие виды деятельности выделены, в основном, на уровне трех знаков ОКВЭД2, а в остальных секторах — на уровне двух знаков ОКВЭД2. Такая детальная отраслевая классификация позволяет предположить относительно однородный производственный процесс в каждом виде деятельности.

Из анализа исключены виды деятельности с недостаточным числом наблюдений. В рамках узких видов деятельности «выбросы» определены как 0.5% наблюдений с максимальными и 0.5% с минимальными значениями выручки, внеоборотных активов, прочих оборотных активов, затрат на труд и производительности труда. Наблюдения с максимальными 0.5% значениями производительности труда отнесены к выбросам для исключения из выборки предприятий, фактически не действующих, а выполняющих только административную функцию, так называемых «фирм-однодневок». Определенные подобным образом наблюдения также не вошли в выборку.

Выборка представляет собой несбалансированную панель с числом наблюдений от 29553 в 2018 г. до 38175 в 2016 г. (табл. 1). С целью проверки на устойчивость полученных результатов из выборки дополнительно были исключены те предприятия, которые временно не предоставляли данные, а затем вновь возобновили предоставление. Выводы, полученные на ограниченной выборке, не противоречат выводам, полученным в результате оценивания базовых моделей.

Таблица 1. Число наблюдений

	Год					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Число наблюдений	32461	36933	37766	38175	30219	29553
Итого	205107					

⁵ Переходные ключи позволяют определить по коду ОКВЭД2 соответствующий ему код ОКВЭД1. Как правило, это соответствие однозначное, либо одному коду ОКВЭД1 соответствует несколько более подробных кодов ОКВЭД2. См. <http://old.economy.gov.ru/minec/activity/sections/classificators/>.

Наибольшее число наблюдений представлено в секторе торговли (G), наименьшее относится к деятельности в области культуры, спорта и организации досуга и развлечений (R), см. табл. 2. Общее число наблюдений составляет 205107.

Таблица 2. Число наблюдений по секторам

Сектор	Название сектора	Число наблюдений	Число узких видов деятельности	Число укрупненных видов деятельности
B	Добыча полезных ископаемых	5791	9	1
C	Обрабатывающие производства	56563	61	23
D	Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	10511	1	1
E	Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	2960	2	1
G	Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов	60951	3	3
H	Транспортировка и хранение	17455	5	1
I	Деятельность гостиниц и предприятий общественного питания	5063	2	1
J	Деятельность в области информации и связи	7593	6	1
L	Деятельность по операциям с недвижимым имуществом	15013	1	1
M	Деятельность профессиональная, научная и техническая	14300	4	1
N	Деятельность административная и сопутствующие дополнительные услуги	5425	4	1
R	Деятельность в области культуры, спорта и организации досуга и развлечений	1372	4	1
S	Предоставление прочих видов услуг	2110	3	1
	Итого	205107	105	37

Помимо узких видов деятельности, в данной статье также используется и другая отраслевая классификация более высокой степени агрегирования. В этом случае в обрабатывающей промышленности (сектор C) и торговле (сектор G) предприятия объединены по видам деятельности на уровне двух знаков ОКВЭД2. Предприятия вне обрабатывающей промышленности и торговли объединены по видам деятельности на уровне секторов (сектора B, D, E, H, I, J, L, M, N, R, S). В результате выделены 37 видов деятельности, которые в дальнейшем называются *укрупненными*. Благодаря укрупненной классификации на каждый вид деятельности приходится больше наблюдений, чем в узкой классификации (табл. 3). Число видов деятельности с небольшим числом наблюдений в этом случае меньше. Это позволяет получить оценки коэффициентов производственных функций с меньшими стандартными отклонениями.

Таблица 3. Число наблюдений по видам деятельности (узкой и укрупненной классификации)

	Число видов деятельности	Число наблюдений				
		Минимум	25%	Медиана	75%	Максимум
Узкие виды деятельности	37	476	1263	2797	6118	38587
Укрупненные виды деятельности	105	88	372	801	1610	38587

В 2017 г. численность занятых, представленных в выборке, составляет примерно 18% от среднегодовой численности занятых в 2017 г. по данным Баланса трудовых ресурсов Росстата⁶ (табл. 4). Этот показатель отражает распределение занятых по видам деятельности, для его расчета используются не только данные предприятий, но и данные выборочных обследований индивидуальных предпринимателей и рабочей силы. Структура выборки по занятости приближенно отражает структуру занятости по данным Росстата. Однако в выборке доля промышленности выше за счет, в основном, торговли и других видов услуг.

Таблица 4. Численность занятых по секторам в 2017 году

Сектор	Выборка		Росстат		Доля выборки в Росстате, %
	Численность занятых, тыс. чел.	Доля вида деятельности в занятости, %	Занятость, тыс. чел.	Доля вида деятельности в занятости, %	
B	553.2	6.7	1126.8	2.5	49
C	3071.4	37.3	10173.2	22.5	30
D	689.0	8.4	1632.5	3.6	42
E	153.9	1.9	746.0	1.6	21
G	1429.8	17.4	13685.7	30.2	10
H	870.1	10.6	5240.4	11.6	17
I	148.7	1.8	1661.6	3.7	9
J	223.6	2.7	1446.5	3.2	15
L	231.2	2.8	1933.9	4.3	12
M	547.4	6.7	2921.9	6.5	19
N	233.0	2.8	1885.1	4.2	12
R	34.7	0.4	1155.0	2.6	3
S	41.9	0.5	1659.1	3.7	3
Итого	8228.0		45267.7		18

⁶ Среднегодовая численность занятых в России по видам экономической деятельности с 2017 г. (ОКВЭД2), https://rosstat.gov.ru/labour_force.

4. Методология

Для оценки технической эффективности и ее динамики в данной работе применяется метод стохастической производственной границы (SFA). Модель SFA представляет собой производственную функцию, которая, помимо стандартного стохастического шума, включает в себя ошибку неэффективности. Теория стохастических производственных границ предполагает оценку технической эффективности в условиях, когда и выпуск, и используемые ресурсы представлены в натуральном выражении. Однако такое представление представляет сложность для эмпирических исследований. Поэтому в большинстве подобных работ (Aigner et al., 1977) в качестве основных переменных использовались стоимостные показатели. В настоящей статье данные также представлены только в стоимостном выражении. В анализе используются показатели выручки, факторов производства и расходов предприятия в целом по всем видам продукции или услуг, которые производит фирма. При отсутствии информации о ценах продажи и ценах факторов производства предполагается, что доли факторов производства в затратах предприятия соответствуют их эластичностям в производственной функции.

Модель стохастической производственной границы оценивается в рамках каждого из 105 видов деятельности, что позволяет оценить динамику технической эффективности для относительно однородных групп предприятий, и затем обобщить полученные выводы. Это отличает данный подход от макроэкономического анализа и работ, сфокусированных на отдельных видах деятельности российской экономики.

Спецификация модели стохастической производственной границы имеет следующий вид:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 l_{it} + \beta_2 k_{it} + \beta_3 othAs_{it} + v_{it} - u_{it},$$

где $i = 1, \dots, n$ — предприятия; $t = 1, \dots, T$ — время (годы с 2013 по 2018); y_{it} — логарифм выручки; l_{it} — логарифм затрат на труд; k_{it} — логарифм внеоборотных средств; $othAs_{it}$ — логарифм прочих оборотных активов; $v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2)$ — стохастический шум; $u_{it} \sim N^+(0, \sigma_{u,it}^2)$ — ошибка неэффективности. Индекс технической эффективности TE рассчитывается по формуле $E(e^{-u_{it}} | v_{it})$ и принимает значения от 0 до 1, где 1 соответствует максимальной технической эффективности (граница производственных возможностей), а 0 соответствует минимальной технической эффективности (предприятие максимально удалено от границы производственных возможностей).

Спецификация для границы производственных возможностей не включает в себя непосредственно временной тренд, таким образом, изменение границы возможны только вследствие изменения факторов производства.

Помимо стандартных факторов производства, труда и капитала, в производственную функцию включены прочие оборотные активы (Краснопеева и др., 2016). Это позволяет учитывать не только находящийся в собственности капитал, но и арендуемый.

Предполагается, что существуют факторы, влияющие на техническую эффективность предприятий (Краснопеева и др., 2016; Айвазян и др., 2012). В данной работе это моделируется как зависимость дисперсии ошибки неэффективности от размера предприятия, его возраста и времени. Возраст предприятия растет со временем, поэтому для отделения его влияния от влияния временного периода в качестве переменной используется средний возраст за весь период наблюдения. В качестве переменной, отражающей размер предприятия, используется средняя численность занятых, что делает оценки модели более устойчивыми.

Рассмотрены несколько альтернативных спецификаций, которые по-разному учитывают влияние времени на эффективность. Первые две спецификации предполагают одноразовое изменение технической эффективности после 2014 г. или линейный тренд. Еще две спецификации предполагают, что в конце исследуемого периода, в 2017–2018 гг., могло наблюдаться улучшение динамики в связи с прохождением периода наиболее острой фазы кризиса в 2015–2016 гг.

В первой спецификации (I) в уравнение для дисперсии ошибки неэффективности включена фиктивная переменная:

$$\ln(\sigma_{u,it}^2) = \delta_0 + \delta_1 \ln(\overline{emp}_i) + \delta_2 \ln(\overline{age}_i) + \gamma_0 after14_t,$$

где \overline{emp}_i — средняя численность сотрудников на предприятии i ; \overline{age}_i — средний возраст предприятия в выборке; $after14$ — фиктивная переменная, принимающая значения 1 после 2014 г. и 0 в 2013 и 2014 гг. Данная спецификация предполагает изменение технической эффективности после 2014 г. Поскольку факторы эффективности, размер, возраст и время, в данной работе включены только в модель дисперсии ошибки неэффективности, для оценки направления влияния факторов на техническую эффективность достаточно оценить знаки коэффициентов δ_1 , δ_2 и γ_0 . (см., например, (Kumbhakar et al., 2015, p. 73; Краснопева и др., 2016)).

Положительные знаки коэффициентов отражают положительную связь между переменными и показателем технической неэффективности $E(u_{it} | v_{it})$. Поскольку техническая эффективность, рассчитанная по формуле $E(e^{-u_{it}} | v_{it})$, отрицательно связана с технической неэффективностью, связь между данными показателями и технической эффективностью отрицательна. Отрицательные оценки коэффициентов δ_1 , δ_2 и γ_0 , напротив, указывают на положительную связь между переменными и технической эффективностью. Тестируется гипотеза о равенстве коэффициента при фиктивной переменной γ_0 нулю. Если он положителен, то после 2014 г. техническая эффективность снизилась относительно начального уровня 2013–2014 гг., если отрицателен, то выросла.

Во второй спецификации (II) фиктивная переменная заменена на линейный тренд:

$$\ln(\sigma_{u,it}^2) = \delta_0 + \delta_1 \ln(\overline{emp}_i) + \delta_2 \ln(\overline{age}_i) + \gamma_0 t,$$

где t — время. Данная спецификация позволяет учесть возможные изменения технической эффективности в течение всего исследуемого периода с 2013 по 2018 г., а не только произошедшие одноразово после 2014 г. Тестируется гипотеза о равенстве коэффициента при линейном тренде γ_0 нулю. Если коэффициент положителен, то это свидетельствует о снижении технической эффективности во времени, а если отрицателен, то о ее росте.

Две другие спецификации предполагают возможное восстановление эффективности в 2017 и 2018 гг. после кризисных лет, поскольку макроэкономические данные свидетельствуют о возобновлении экономического роста в эти годы.

В третью спецификацию (III) включены две фиктивные переменные:

$$\ln(\sigma_{u,it}^2) = \delta_0 + \delta_1 \ln(\overline{emp}_i) + \delta_2 \ln(\overline{age}_i) + \gamma_0 15_16_years_t + \gamma_1 17_18_years_t,$$

где 15_16_years — фиктивная переменная, принимающая значение 1 в 2015 и 2016 гг. и 0 в других случаях, 17_18_years — фиктивная переменная, принимающая значение 1

в 2017 и 2018 гг. и 0 иначе. Данная спецификация предполагает не один, как в спецификации I, а два скачка технической эффективности: первый — в наиболее острую фазу кризиса, а второй — в период восстановления. Тестируются гипотезы о равенстве нулю коэффициентов при фиктивных переменных γ_0 и γ_1 . Если оценка γ_0 положительна, а оценка γ_1 отрицательна или незначима, то это говорит о временном характере снижения технической эффективности.

Четвертая спецификация (IV) включает не только линейную компоненту временного тренда, но и квадратичную:

$$\ln(\sigma_{u,ii}^2) = \delta_0 + \delta_1 \ln(\overline{emp}_i) + \delta_2 \ln(\overline{age}_i) + \gamma_0 t + \gamma_1 t^2.$$

Данная спецификация предполагает, что тренд технической эффективности в течение исследуемого периода мог быть нелинейным. Как и в спецификации III, здесь также возможно улучшение технической эффективности в конце исследуемого периода, однако данная спецификация более гибкая и предполагает плавную динамику, а не жесткую смену режимов каждые два года. Тестируется гипотеза о равенстве нулю коэффициентов при линейной и квадратичной части тренда (γ_0 и γ_1). Если оценки γ_0 положительны, а оценки γ_1 отрицательны, то, используя формулу $-\gamma_0/(2\gamma_1)$ для расчета вершины параболы, можно определить, на какой год приходится смена негативной тенденции на положительный временной тренд. Если оценка вершины параболы выходит за рамки исследуемого периода, можно говорить о замедлении падения технической эффективности.

В данной статье также рассматриваются четыре спецификации, аналогичные приведенным выше, где гетероскедастичными являются не только ошибки неэффективности, но и стохастический шум v . В этом случае дисперсия стохастического шума $v_{it} \sim N(0, \sigma_{v,i}^2)$ также меняется от предприятия к предприятию:

$$\ln(\sigma_{v,i}^2) = \mu_0 + \mu_1 \ln(\overline{emp}_i).$$

5. Результаты

В данном разделе приведены результаты оценивания четырех спецификаций для каждого из видов деятельности в узкой (105 видов) и укрупненной (37 видов) классификациях. Поскольку целью включения в анализ укрупненных видов деятельности является агрегирование небольших видов с малым числом наблюдений, в этой классификации результаты оценивания являются значимыми для большей доли видов деятельности, чем в узкой классификации.

Четыре используемые спецификации (I–IV) могут давать различные оценки уровня технической эффективности. Однако интерес представляют не абсолютные значения, а ранжирование предприятий в рамках каждого вида деятельности. Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена для оценок технической эффективности для четырех спецификаций в узкой классификации опускаются ниже 80% только в одном виде деятельности: производство электрических аккумуляторов и аккумуляторных батарей (код 27.2⁷). А в укрупненной

⁷ Здесь и далее приводятся коды по ОКВЭД2.

отраслевой классификации ранговая корреляция Спирмена не ниже 96%. Таблица 5 представляет 5-й перцентиль выборочного распределения значений ранговых корреляций по видам деятельности.

Таблица 5. Ранговая корреляция Спирмена оценок технической эффективности, рассчитанная по четырем спецификациям модели SFA, 5-й перцентиль, %

	Узкая классификация				Укрупненная классификация			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
I					I			
II	96				II	99		
III	94	95			III	99	98	
IV	95	96	97		IV	98	98	99

Согласно всем приведенным спецификациям, только в пяти видах деятельности оценка коэффициента δ_1 незначима, т. е. средняя численность сотрудников незначимо влияет на техническую эффективность. К ним относятся: производство целлюлозы, древесной массы, бумаги и картона (код 17.1), производство прочих фарфоровых и керамических изделий (код 23.4), производство машин и оборудования для сельского и лесного хозяйства (код 28.4), аренда и лизинг (код 77) и деятельность библиотек, архивов, музеев и прочих объектов культуры (код 91).

В подавляющем большинстве, в 100 из 105 узких видах деятельности (95% видов деятельности), оценка коэффициента δ_1 отрицательна, и с ростом численности сотрудников техническая эффективность увеличивается (табл. 6). Это верно и для всех 37 укрупненных видов деятельности (100% видов деятельности). Данный результат подтверждает выводы, полученные в литературе на выборках различных стран и периодов (Mengistae, 1996; Lundvall, Battese, 2000; Zhang, Zhang, 2001; Sheu, Yang, 2005; Bhandari, Maiti, 2007; De Jorge-Moreno, Carrasco, 2015). Стоит отметить, что этот результат имеет место не только в работах, посвященных технической эффективности: Andrews et al. (2016) и Bogetic, Olusi (2013) показывают рост многофакторной производительности с увеличением размера предприятия в странах ОЭСР и России соответственно.

В большинстве видов деятельности возраст фирмы, напротив, негативно влияет на техническую эффективность предприятий. В зависимости от спецификации такая связь обнаруживается в 80–82 из 105 узких видах деятельности (76–78% видов деятельности). В укрупненной отраслевой классификации влияние возраста на техническую эффективность незначимо только в двух видах деятельности со сложными технологическими процессами: добыче полезных ископаемых (сектор В) и производстве прочих транспортных средств и оборудования (код 30). В остальных 35 из 37 укрупненных видов (95% видов деятельности) влияние отрицательно.

В литературе можно найти выводы как о положительном (Mengistae, 1996; Sheu, Yang, 2005), так и об отрицательном влиянии возраста (Bhandari, Maiti, 2007) на техническую эффективность фирмы. В исследовании, основанном на опросных данных российских предприятий за 2003–2008 гг. (Bogetic, Olusi, 2013), также был получен результат, свидетельствующий о более высокой производительности молодых предприятий.

По оценкам De Jorge-Moreno и Carrasco (2015), форма зависимости технической эффективности от возраста имеет перевернутый U-образный характер. Иными словами, в начале

жизни предприятия техническая эффективность растет с возрастом, достигает своего максимума, а затем снижается. Поэтому, предполагая монотонную связь, авторы получают противоположные выводы о ее направлении в зависимости от того, каких предприятий больше в выборке: на восходящей или нисходящей части кривой.

Аргументом за перевернутую U-образную форму связи технической эффективности и возраста предприятий в России является аналогичная динамика производительности труда фирм по мере увеличения их возраста (Бессонова и др., 2020). Однако в настоящей работе в качестве переменной возраста предприятия используется его средний возраст в выборке для разделения влияния этой переменной и времени. В связи с этим в выборке крайне мало предприятий со средним возрастом менее трех лет, когда наблюдается расширение предприятия и выход на полную мощность. Кроме того, выборка ограничена предприятиями с числом сотрудников более 50 человек, а предприятия моложе трех лет, как правило, характеризуются небольшим количеством занятых. Только в одной из 105 отраслей (добыча и обогащения бурого угля (код 05.2)), их доля составила более 10% от всех предприятий отрасли. Однако этого, как и в других отраслях, где число молодых предприятий еще ниже, недостаточно для оценки модели с более сложной зависимостью технической эффективности от возраста. Таким образом, результаты подтверждают выводы о том, что для немолодых компаний, уже работающих на полную мощность, техническая эффективность с возрастом снижается.

Положительная связь технической эффективности и размера, наряду с отрицательной связью возраста и технической эффективности, говорит о возможной согласованности с моделью жизненного цикла фирмы, подтверждения которой представлены в Akcigit et al. (2021). Причинно-следственная связь направлена от технической эффективности к размеру, а не наоборот (Mengistae, 1996). То есть высокая техническая эффективность ассоциируется с ростом предприятия во времени. Если же фирма со временем не расширяется, это говорит о ее низкой эффективности. Тогда при одинаковом размере молодая фирма характеризуется более высокой технической эффективностью, чем старая.

Изменение эффективности после 2014 г. оказалось незначимым в большинстве узких видов деятельности. Выделяется только небольшая группа с положительной динамикой технической эффективности. Согласно результатам оценивания первой спецификации, только в 6 видах деятельности добывающей и обрабатывающей промышленности техническая эффективность после 2014 г. была выше начального уровня 2013–2014 гг. Среди них — добыча полезных ископаемых, не включенных в другие группировки (код 8.9), производство молочной продукции (код 10.5), производство прочих пищевых продуктов (код 10.8), производство напитков (код 11), производство изделий из бумаги и картона (код 17.2), производство основных драгоценных металлов и прочих цветных металлов (код 24.4). При переходе к укрупненной отраслевой классификации эти виды деятельности были объединены с другими. По результатам оценивания той же спецификации техническая эффективность после 2014 г. незначимо изменилась в добыче полезных ископаемых (В), производстве пищевых продуктов (код 10), производстве бумаги и бумажных изделий (код 17), металлургическом производстве (код 24). В укрупненной классификации остался только один вид деятельности — производство напитков (код 11) — где оценки коэффициента γ_0 указывают на рост технической эффективности.

Напротив, снижение технической эффективности в 2015–2018 гг. по результатам оценивания первых двух спецификаций наблюдается в 30–36% видах деятельности. При переходе

Таблица 6. Доля видов деятельности с разной динамикой технической эффективности для различных спецификаций в общем числе видов деятельности

Спецификация	Переменная	Доля в узких видах деятельности, %			Доля в крупных видах деятельности, %		
		Рост <i>TE</i> (отрицательный коэффициент)	Падение <i>TE</i> (положительный коэффициент)	Динамика <i>TE</i> незначима (незначимый коэффициент)	Рост <i>TE</i> (отрицательный коэффициент)	Падение <i>TE</i> (положительный коэффициент)	Динамика <i>TE</i> незначима (незначимый коэффициент)
I. Эффективность меняется после 2014 г.	$\ln(\overline{emp}_i)$	95	0	5	100	0	0
	$\ln(\overline{age}_i)$	6	76	18	0	95	5
	<i>after14</i>	6	36	58	3	54	43
II. Линейный временной тренд	$\ln(\overline{emp}_i)$	95	0	5	100	0	0
	$\ln(\overline{age}_i)$	5	78	17	0	95	5
	<i>t</i>	9	30	61	11	43	46
III. Два изменения эффективности (в 2015–2016 и 2017–2018 гг.)	$\ln(\overline{emp}_i)$	95	0	5	100	0	0
	$\ln(\overline{age}_i)$	5	76	19	0	95	5
	<i>15_16_years</i>	2	27	71	0	54	46
	<i>17_18_years</i>	10	29	62	16	43	41
IV. Нелинейный временной тренд	$\ln(\overline{emp}_i)$	95	0	5	100	0	0
	$\ln(\overline{age}_i)$	5	77	18	0	95	5
	<i>t, t²</i>						

В большинстве видов деятельности имеются периоды незначимой динамики технической эффективности

Примечание. В таблице представлена доля узких и крупных видов деятельности, в которых влияние переменной на техническую эффективность положительно, отрицательно или незначимо, в общем числе соответствующих видов деятельности. В качестве переменной, отражающей изменение во времени, в спецификации I выступает переменная *after14*, в спецификации II — переменная линейного временного тренда *t*. В спецификации III такими переменными являются: *15_16_years* — острый период кризиса, *17_18_years* — период восстановления. В спецификацию IV для учета изменения во времени включен квадратичный тренд.

на укрупненную отраслевую классификацию эта доля возрастает до 43–54%, в основном за счет сокращения доли видов с незначимыми оценками. Снижение технической эффективности наиболее характерно для предприятий сферы услуг: розничной торговли (код 47), видов деятельности индустрии гостеприимства (сектор I) и бизнес-услуг (сектор M). В добывающей (сектор B) и обрабатывающей (сектор C) промышленности число видов деятельности со снижающейся технической эффективностью ниже, чем в сфере услуг. Более высокие показатели темпов роста многофакторной производительности в промышленности относительно сферы услуг в 2008–2014 гг. отмечаются также в других работах по данным российских предприятий (Бессонова, 2018) и в макроэкономических исследованиях (Voskoboynikov, 2017). Большая доля видов деятельности с отрицательной динамикой технической эффективности в 2015–2016 гг. в секторах услуг, чем в промышленности, может объясняться тем, что предприятия сферы услуг в большей мере, чем промышленные компании, ориентируются на внутренний рынок. В этот период внутренний спрос на услуги увеличивался не так быстро, как спрос на продукции промышленности, поскольку темпы экономического роста опережали рост доходов населения.

Согласно результатам оценивания спецификации с двумя фиктивными переменными, 2015–2016 гг. стали периодом снижения технической эффективности в 28 из 105 узких и в 20 из 37 укрупненных видов деятельности. Среди них в некоторых видах деятельности в 2017–2018 гг. наблюдалось восстановление технической эффективности. В 12 узких видах деятельности она в эти годы вернулась к уровню, значимо не отличающемуся от начального. К ним относятся, в основном, промышленные виды деятельности, а также водный транспорт (код 50), гостиничный бизнес (код 55) и деятельность в сфере аренды и лизинга (код 77). В двух узких видах деятельности, в торговле автотранспортными средствами (код 45) и оптовой торговле (код 46), уровень технической эффективности даже превошел начальный.

В спецификации с нелинейным трендом можно оценить направление изменения технической эффективности в каждый момент времени, рассчитав знак соответствующей производной (линейной комбинации $\gamma_0 + 2\gamma_1 t$ оценок коэффициентов при t и t^2). В 51 из 105 узких видов деятельности можно выделить отдельные периоды снижения технической эффективности. В 15 из них в конце выборочного периода падение сменилось ростом. В укрупненной отраслевой классификации только в одном виде деятельности — розничной торговле (код 47) — техническая эффективность сокращается каждый год (с 2013 по 2018). В отдельные периоды снижение технической эффективности наблюдалось в большинстве укрупненных видов деятельности (27 из 37). В 9 из них в конце выборочного периода снижение перешло в рост. К ним относятся некоторые отрасли обрабатывающей промышленности, торговли (коды 45 и 46) и добыча полезных ископаемых (сектор B). В большинстве видов деятельности в сфере услуг наблюдались периоды снижения технической эффективности и отсутствие периодов роста. При этом темпы падения технической эффективности уменьшались к концу выборочного периода. В деятельности в области культуры, спорта и организации досуга и развлечений (R) наблюдалась обратная картина: темпы снижения технической эффективности возрастали.

Согласно результатам оценивания первой спецификации, доля узких видов деятельности, где изменение технической эффективности оказалось незначимым, составляет 58%. Однако виды деятельности с незначимыми оценками коэффициента γ_0 характеризуются меньшим числом наблюдений, чем виды деятельности со значимыми оценкам. Поэтому также были

рассчитаны их вклады в выпуск и занятость. Для этого все виды деятельности были разделены на три группы, в которых оценки коэффициентов модели свидетельствовали о снижении, росте или незначимой динамике технической эффективности. Затем были рассчитаны суммарные объемы выручки и занятости по всем предприятиям, входящим в каждую из трех групп. Доли вкладов видов деятельности с различной динамикой технической эффективности были получены как отношение рассчитанных объемов выручки и численности занятости к общим показателям по всем предприятиям выборки:

$$\omega_j^Y = \sum_{i \in C_j} Y_i / \sum_i Y_i, \quad \omega_j^L = \sum_{i \in C_j} L_i / \sum_i L_i, \quad j = 1, 2, 3,$$

где C_1, C_2, C_3 — группы отраслей с растущей, падающей или незначимой динамикой TE , соответственно; ω_j^Y и ω_j^L — доли вкладов группы отраслей C_j в выпуск и занятость в выборке; $\sum_{i \in C_j} Y_i$ и $\sum_{i \in C_j} L_i$ — суммарный выпуск и суммарная занятость по предприятиям, входящим в группу C_j ; $\sum_i Y_i$ и $\sum_i L_i$ — суммарные выпуск и занятость на всех предприятиях выборки.

В таблице 7 представлены результаты оценивания первой спецификации ошибки неэффективности в модели стохастической производственной границы для 105 узких и 37 укрупненных видов деятельности. Для видов деятельности, где оценка коэффициента γ_0 при фиктивной переменной *after14* принимает отрицательное (столбец 3), положительное (столбец 4) или статистически неотличимое от нуля (столбец 5) значение, представлены доли их вкладов в общее число видов деятельности, выпуск и занятость.

Таблица 7. Доли вкладов видов деятельности в общее число видов деятельности, выпуск и занятость в зависимости от динамики технической эффективности после 2014 г., %

		Рост TE после 2014 г.	Падение TE после 2014 г.	Динамика TE незначима
Узкие виды деятельности	Доли видов деятельности	6	36	58
	Выпуск	4	66	30
	Занятость	5	69	26
Укрупненные виды деятельности	Доли видов деятельности	3	54	43
	Выпуск	1	65	34
	Занятость	1	69	30

Рассчитанные таким образом доли вклада видов деятельности с незначимыми оценками динамики технической эффективности в выпуск и занятость (26–30%) существенно ниже их доли в общем числе видов деятельности (58%). Напротив, виды деятельности, где оценки коэффициента γ_0 указывают на значимое снижение технической эффективности после 2014 г., характеризуются большим числом наблюдений. Они вносят существенно бóльший вклад в выпуск и занятость (66–69%) по сравнению с их долей в общем числе видов деятельности (табл. 7). К видам деятельности с наибольшим числом наблюдений и высокой долей вклада в выпуск и занятость относятся обеспечение электроэнергией (код 35), а также оптовая (код 46) и розничная (код 47) торговля. Тем не менее, даже с их исключением доля

вклада видов деятельности со снижающейся технической эффективностью после 2014 г. в выпуск и занятость (47 и 58% соответственно) выше их доли в общем числе видов деятельности (37%).

Применение укрупненной отраслевой классификации позволяет увеличить число наблюдений в видах деятельности, что снижает долю видов деятельности с незначимыми оценками коэффициентов. Согласно результатам оценивания первой спецификации, доля видов деятельности, где техническая эффективность снизилась после 2014 г., составляет 54% от общего количества видов деятельности, что выше аналогичного показателя для узких видов деятельности. Доли вкладов таких видов деятельности в выпуск и занятость после перехода к укрупненной классификации остались примерно на том же уровне, что и для узкой отраслевой классификации (66–69%). Без учета оптовой (код 46) и розничной (код 47) торговли, а также обеспечения электроэнергией, газом и паром (сектор D) доли вкладов видов деятельности со снижающейся технической эффективностью после 2014 г. в общее число видов деятельности, выпуск и занятость составляют 51, 46 и 57% соответственно.

Результаты оценивания четырех спецификаций модели с учетом гетероскедастичности ошибки v показывают, что в зависимости от спецификации в 67–70 узких видах деятельности коэффициент μ_1 значим. Тем не менее, по результатам оценивания этих моделей выводы о динамике технической эффективности сохраняются: в большинстве видов деятельности техническая эффективность значимо не изменилась, рост наблюдается только в небольшой группе видов деятельности, тогда как в остальных видах деятельности она снизилась в течение выборочного периода.

6. Проверка на робастность

6.1. Ограничение выборки

Для проверки робастности полученных результатов модель стохастических границ производственных возможностей оценена дополнительно на ограниченной выборке. В эту выборку включены предприятия с численностью сотрудников больше 100, у которых не наблюдался временный перерыв в предоставлении данных, и исключены предприятия тех видов деятельности, условия работы которых не всегда можно отнести к рыночным⁸. Ограниченная выборка была разделена на 36 видов деятельности, аналогично укрупненной классификации видов деятельности, но без сектора предоставления прочих видов услуг (S).

В рамках каждого из этих видов деятельности выбросы идентифицированы как 0.5% наблюдений с максимальными и 0.5% с минимальными значениями выручки, внеоборотных активов, прочих оборотных активов, затрат на труд и производительности труда. Также к выбросам отнесены те предприятия, у которых наблюдается повышенная (в рамках

⁸ Производство табачных изделий (код 12); деятельность водного транспорта (код 50); деятельность головных офисов, консультирование по вопросам управления (код 70); деятельность ветеринарная (код 75), деятельность по обеспечению безопасности и проведению расследований (код 80); деятельность административно-хозяйственная, вспомогательная деятельность по обеспечению функционирования организации, деятельность по предоставлению прочих вспомогательных услуг для бизнеса (код 82); деятельность библиотек, архивов, музеев и прочих объектов культуры (код 91); деятельность по организации и проведению азартных игр и заключению пари, по организации и проведению лотерей (код 92); предоставление прочих видов услуг (S).

соответствующего вида деятельности) волатильность этих показателей (коэффициент вариации выше 99.5-го персентилля в данном виде деятельности).

В результате ограниченная выборка включает в себя 105032 наблюдения (табл. 8). За рассматриваемый период число наблюдений варьировалось от 14093 (в 2018 г.) до 20099 (в 2014 г.).

Таблица 8. Число наблюдений по секторам в ограниченной выборке

Сектор	Число наблюдений	Число видов деятельности
B	3689	1
C	34688	23
D	6222	1
E	2678	1
G	29044	3
H	8618	1
I	2162	1
J	3374	1
L	6047	1
M	6833	1
N	1296	1
R	381	1
Итого	105032	36

Так же как и для неограниченной выборки, оценены четыре спецификации модели стохастических границ производственных возможностей. Для каждого из 36 видов деятельности рассчитан выборочный коэффициент ранговой корреляции Спирмена для уровня технической эффективности согласно четырем используемым спецификациям. На данных ограниченной выборки ни в одном из 36 видов деятельности он не опускается ниже 90% (табл. 9).

Таблица 9. Ранговая корреляция Спирмена оценок технической эффективности, рассчитанная по четырем спецификациям SFA, ограниченная выборка, %

	5-й персентиль				Минимум			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
I					I			
II	98				II	93		
III	97	98			III	96	98	
IV	98	98	99		IV	95	97	98

Результаты оценивания моделей на ограниченной выборке подтверждают положительную связь между технической эффективностью и размером предприятия и отрицательную — между технической эффективностью и возрастом.

В большинстве видов деятельности ограниченной выборки изменение технической эффективности во времени оказалось незначимо. Однако доля тех видов деятельности,

где техническая эффективность снизилась после 2014 г., выше доли видов деятельности с положительной динамикой технической эффективности (табл. 10). Результаты по спецификации с нелинейным трендом (IV) показали, что, так же как на неограниченной выборке, в большинстве видов деятельности (18 из 36) наблюдались периоды сокращения технической эффективности. В четырех из них к концу выборочного периода падение сменилось ростом. К ним относятся производство автотранспортных средств (код 29), отрасли торговли (коды 45 и 46) и деятельность по операциям с недвижимым имуществом (L).

Таблица 10. Доля видов деятельности с разной динамикой технической эффективности для различных спецификаций (ограниченная выборка), %

Спецификации	Переменные	Рост TE	Падение TE	Динамика TE незначима
I. Эффективность меняется после 2014 г.	$after14$	8	36	56
II. Линейный временной тренд	t	8	36	56
III. Два изменения эффективности (в 2015–2016 и 2017–2018 гг.)	15_16_years	3	33	64
	17_18_years	11	31	58
IV. Нелинейный временной тренд	t, t^2	В большинстве видов деятельности имеются периоды незначимой динамики технической эффективности		

Примечание. В таблице представлена доля узких и укрупненных видов деятельности, в которых влияние переменной на техническую эффективность положительно, отрицательно или незначимо, в общем числе соответствующих видов деятельности. В качестве переменной, отражающей изменение во времени, в спецификации I выступает переменная $after14$, в спецификации II — переменная линейного временного тренда t . В спецификации III такими переменными являются: 15_16_years — острый период кризиса, 17_18_years — период восстановления. В спецификацию IV для учета изменения во времени включен квадратичный тренд.

В розничной (код 47) и оптовой (код 46) торговле, а также производстве электроэнергии (D) результаты оценивания моделей на ограниченной выборке подтверждают вывод о снижении технической эффективности во времени. Поэтому доли вкладов видов деятельности с негативной динамикой технической эффективности в выборочные занятость и выпуск существенно выше (около 60%), чем их доля в общем числе видов деятельности (табл. 10). Без учета торговли и производства электроэнергии (коды 47, 46 и сектор D), вклады видов деятельности с негативной динамикой в занятость, выпуск и их доля в общем числе видов деятельности сопоставимы друг с другом (около 36%).

Результаты оценивания моделей на ограниченной выборке показывают, что среди более крупных предприятий (число сотрудников больше 100), тенденции к сокращению технической эффективности после 2014 г. выражены в меньшей степени, чем в выборке, включающей предприятия с численностью сотрудников более 50. Тем не менее, и среди относительно больших предприятий доля видов деятельности с растущей технической эффективностью также невелика.

Таким образом, анализ данных ограниченной выборки подтверждает вывод о том, что техническая эффективность в рассматриваемый период в целом не увеличивалась. А в некоторых видах деятельности, напротив, наблюдалось ее сокращение.

6.2. Обобщенная модель

В качестве дополнительной проверки полученных результатов на устойчивость были оценены четыре спецификации моделей стохастической производственной границы на ограниченной выборке, объединяющей все виды деятельности. В спецификацию производственной функции был добавлен набор фиктивных переменных, отвечающих за принадлежность предприятия к определенному виду деятельности:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 l_{it} + \beta_2 k_{it} + \beta_3 othAs_{it} + \sum_{j=1}^{36} \theta_j d_{ij} + v_{it} - u_{it},$$

где d_{ij} — фиктивная переменная, принимающая значение 1, если предприятие i относится к j -му виду деятельности, и 0 иначе. Кроме того, набор отраслевых фиктивных переменных был добавлен в каждую из четырех спецификаций дисперсии ошибки неэффективности.

С одной стороны, такая обобщенная модель довольно «жестко» предполагает, что во всех видах деятельности производственные границы имеют одинаковую форму и отличаются между собой только на константу. Результаты ее оценивания используются как дополнение для проверки на устойчивость выводов по каждому виду деятельности в отдельности.

С другой стороны, при выполнении данных ограничений модель позволяет в первом приближении сравнить виды деятельности между собой по характеру неоднородности технической эффективности. Детальное межотраслевое сравнение требует отдельного глубокого исследования (De Vries et al., 2012). Базисным видом деятельности для набора фиктивных переменных является пищевая промышленность (код 10). По сравнению с ней в большинстве других видов деятельности обрабатывающей промышленности и граница производственных возможностей находится ниже, и разброс предприятий по уровню технической эффективности также меньше. Можно выделить несколько отраслей, где граница производственных возможностей находится выше, чем в пищевой промышленности, но и дисперсия уровня технической эффективности больше, это крупные капиталоемкие виды деятельности обрабатывающей промышленности (металлургия (код 24) и нефтепереработка (код 19)), добыча полезных ископаемых (В) и виды деятельности в торговом секторе (коды 45, 46, 47). В коммунальном секторе (D, E), а также в некоторых видах из сферы услуг (транспорт (H), информация и связь (J), операции с недвижимостью (L) и административная деятельность (N)) граница производственных возможностей ниже, чем в пищевой промышленности, но и дисперсия уровня технической эффективности больше. Это согласуется с ранее полученными на макроэкономических данных результатами о более высокой производительности в промышленности по сравнению с сектором услуг (De Vries et al., 2012).

Оценки обобщенной модели подтверждают, что в период 2013–2018 гг. техническая эффективность не увеличивалась, напротив, она снижалась с 2013 по 2017 г. (табл. 11). Затем в 2018 г. техническая эффективность перешла к восстановлению, о чем свидетельствуют оценки коэффициентов при t и t^2 в спецификации IV. Тем не менее, поскольку в спецификации III оценка коэффициента при фиктивной переменной 17_18_years положительна, можно сделать вывод, что в конце рассматриваемого периода ее уровень оставался ниже начального.

Таблица 11. Результаты оценивания моделей SFA для объединенных видов деятельности, ограниченная выборка

	Переменные	Спецификации			
		I	II	III	IV
Граница производственных возможностей	<i>k</i>	0.083*** (0.002)	0.083*** (0.002)	0.083*** (0.002)	0.083*** (0.002)
	<i>othAs</i>	0.197*** (0.001)	0.197*** (0.001)	0.197*** (0.001)	0.197*** (0.001)
	<i>l</i>	0.416*** (0.002)	0.418*** (0.002)	0.417*** (0.002)	0.417*** (0.002)
	<i>const</i>	6.345*** (0.03)	6.324*** (0.03)	6.337*** (0.031)	6.334*** (0.03)
$\ln(\sigma_{u_i}^2)$	$\ln(\overline{emp}_i)$	-1.085*** (0.021)	-1.085*** (0.021)	-1.085*** (0.021)	-1.084*** (0.021)
	$\ln(\overline{age}_i)$	0.839*** (0.02)	0.843*** (0.02)	0.841*** (0.02)	0.842*** (0.02)
	<i>after14</i>	0.273*** (0.021)			
	<i>15_16_years</i>			0.252*** (0.023)	
	<i>17_18_years</i>			0.311*** (0.026)	
	<i>t</i>		0.083*** (0.006)		0.213*** (0.029)
	<i>t</i> ²				-0.019*** (0.004)
	<i>const</i>	1.844*** (0.137)	1.716*** (0.139)	1.828*** (0.137)	1.545*** (0.144)
$\ln(\sigma_v^2)$	<i>const</i>	-0.586*** (0.007)	-0.584*** (0.007)	-0.585*** (0.007)	-0.585*** (0.007)
Число наблюдений		105032	105032	105032	105032
Log-likelihood		-129615	-129613	-129612	-129602

Примечание. В скобках — стандартные ошибки; *** — значимость на уровне 1%. Фиксированные эффекты видов деятельности учтены.

7. Выводы

Работа посвящена оценке динамики технической эффективности российских предприятий в период с 2013 по 2018 г. Используются данные по компаниям с численностью сотрудников более 50 человек. Предприятия разделены на 105 «узких» видов деятельности.

В каждом из 105 видов построена модель стохастической производственной границы, что позволяет оценить динамику технической эффективности предприятий в течение анализируемого периода. Высокая отраслевая детализация отличает подход данной статьи от макроэкономического, где предметом анализа выступает экономика в целом или ее отдельные крупные части. Также данная работа охватывает более широкий круг видов деятельности,

чем в исследованиях, посвященных отдельным отраслям, что позволяет обобщать полученные результаты.

Проведенный анализ подтверждает, что в выборке российских предприятий техническая эффективность выше у предприятий с большим числом сотрудников, что соответствует исследованиям по другим странам. Связь между возрастом и технической эффективностью, напротив, отрицательная. Это отражает снижение эффективности с возрастом предприятия после выхода на полную мощность.

В большинстве видов деятельности техническая эффективность после 2014 г. изменилась незначительно. Однако негативная динамика наблюдалась в большем числе видов деятельности, чем позитивная. Кроме того, в крупных по занятости и выручке видах деятельности техническая эффективность имела тенденцию к сокращению. Доли вклада видов деятельности со снижающейся технической эффективностью в общий объем выпуска и занятости в выборке составили более 50%.

Анализ выборки предприятий в укрупненной отраслевой классификации (37 видов деятельности) показал, что при объединении видов деятельности увеличивается вклад видов с негативной динамикой технической эффективности за счет сокращения доли незначимых результатов.

Для проверки на устойчивость полученных результатов выборка была ограничена более крупными предприятиями с численностью сотрудников более 100 человек. Среди таких предприятий тенденция к снижению технической эффективности выражена слабее. Однако и в ограниченной выборке вклад видов деятельности с негативной динамикой выше, чем с положительной. Кроме того, согласно модели, объединяющей все виды деятельности, техническая эффективность сократилась после 2014 г. Таким образом, подтверждается вывод об отсутствии ее роста в течение анализируемого периода.

В данной работе в выборку включались только те предприятия, где численность сотрудников превышает 50 человек (или 100 человек для проверки на робастность). Поэтому результаты анализа в большей степени относятся к относительно крупным предприятиям. Используя такую несколько смещенную выборку, можно сделать вывод об отсутствии роста технической эффективности среди крупных предприятий, которые, как правило, являются более эффективными. Вероятно, среди менее эффективных предприятий теневой экономики и небольших компаний, не представленных в выборке, темпы роста технической эффективности не больше, чем у предприятий, включенных в выборку.

Благодарности. Автор выражает признательность С. Б. Авдашевой, И. Б. Воскобойникову, О. А. Демидовой, Б. В. Кузнецову и А. А. Пересецкому за полезные замечания и предложения.

Список литературы

Айвазян С. А., Афанасьев М. Ю., Руденко В. А. (2012). Некоторые вопросы спецификации трехфакторных моделей производственного потенциала компании, учитывающих интеллектуальный капитал. *Прикладная эконометрика*, 27, 36–69.

Баранов Э., Бессонов В. (2018). Взгляд на российскую экономическую трансформацию. *Вопросы экономики*, 11, 142–158.

Бессонова Е. (2018). Анализ динамики совокупной производительности факторов на российских предприятиях (2009–2015 гг.). *Вопросы экономики*, 7, 96–118.

Бессонова Е. В., Морозов А. Г., Турдыева Н. А., Цветкова А. Н. (2020). Возможности ускорения роста производительности труда: роль малых и средних предприятий. *Вопросы экономики*, 3, 98–114.

Гимпельсон В., Капелюшников Р. (2015). Российская модель рынка труда: испытание кризисом. *Журнал Новой экономической ассоциации*, 26 (2), 249–254.

Ипатова И. Б., Пересецкий А. А. (2013). Техническая эффективность предприятий отрасли производства резиновых и пластмассовых изделий. *Прикладная эконометрика*, 32, 71–92.

Ипатова И. Б. (2015). Динамика совокупной факторной производительности и ее компонентов на примере российской отрасли, производящей пластмассовые изделия. *Прикладная эконометрика*, 38, 21–40.

Краснопеева Н. А., Назруллаева Е. Ю., Пересецкий А. А., Щетинин Е. И. (2016). Экспортировать или нет? Экспортный статус и техническая эффективность российских предприятий. *Вопросы экономики*, 7, 123–146.

Орлова Н. В., Лаврова Н. А. (2019). Потенциальный рост как отражение перспектив российской экономики. *Вопросы экономики*, 4, 5–20.

Щетинин Е. И., Назруллаева Е. Ю. (2012). Производственный процесс в пищевой промышленности: взаимосвязь инвестиций в основной капитал и технической эффективности. *Прикладная эконометрика*, 28, 63–84.

Aigner D., Lovell C. K., Schmidt P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6 (1), 21–37.

Akcigit U., Alp H., Peters M. (2021). Lack of selection and limits to delegation: Firm dynamics in developing countries. *American Economic Review*, 111 (1), 231–275.

Andrews D., Criscuolo C., Gal P. (2016). The global productivity slowdown, technology divergence and public policy: A firm level perspective. *Brookings Institution Hutchins Center Working Paper*, 24.

Bhandari A. K., Maiti P. (2007). Efficiency of Indian manufacturing firms: Textile industry as a case study. *International Journal of Business and Economics*, 6 (1), 71–88.

Bogetic Ž., Olusi O. (2013). Drivers of firm-level productivity in Russia's manufacturing sector. *Policy Research Working Paper*, No. 6572. World Bank, Washington, DC.

Caballero R., Hammour M. L. (1994). The cleansing effect of recessions. *American Economic Review*, 84 (5), 1350–1368.

Dabrowski M. (2019). Factors determining Russia's long-term growth rate. *Russian Journal of Economics*, 5, 328–353.

De Jorge-Moreno J., Carrasco O. R. (2015). Technical efficiency and its determinants factors in Spanish textiles industry (2002–2009). *Journal of Economic Studies*, 42 (3), 346–357.

De Vries G. J., Erumban A. A., Timmer M. P., Voskoboynikov I., Wu H. X. (2012). Deconstructing the BRICs: Structural transformation and aggregate productivity growth. *Journal of Comparative Economics*, 40 (2), 211–227.

Golikova V., Kuznetsov B. (2017). Suboptimal size: Factors preventing the growth of Russian small and medium-sized enterprises. *Foresight and STI governance*, 11 (3), 83–93.

Kumbhakar S. C., Wang H.-J., Horncastle A. P. (2015). *A practitioner's guide to stochastic frontier analysis using Stata*. Cambridge University Press.

Lundvall K., Battese G. E. (2000). Firm size, age and Efficiency: evidence from Kenyan manufacturing firms. *The Journal of Development Studies*, 36 (3), 146–163.

Mengistae T. (1996). Age-size effects in productive efficiency: A second test of the passive learning model. *CSAE Working Paper Series 1996–02*. Centre for the Study of African Economies, University of Oxford.

Osoimehin S., Pappadà F. (2017). Credit frictions and the cleansing effect of recessions. *The Economic Journal*, 127 (602), 1153–1187.

Sheu H. J., Yang C. Y. (2005). Insider ownership structure and firm performance: A productivity perspective study in Taiwan's electronics industry. *Corporate Governance: An International Review*, 13 (2), 326–337.

Timmer M. P., Voskoboynikov I. B. (2014). Is mining fuelling long run growth in Russia? Industry productivity growth trends since 1995. *Review of Income and Wealth*, 60, S398–S422.

Voskoboynikov I. B. (2017). Sources of long run economic growth in Russia before and after the global financial crisis. *Russian Journal of Economics*, 3 (4), 348–365.

Voskoboynikov I. B. (2020). Structural change, expanding informality and labor productivity growth in Russia. *Review of Income and Wealth*, 66 (2), 394–417.

Zhang X. G., Zhang S. (2001). Technical efficiency in China's iron and steel industry: Evidence from the new census data. *International Review of Applied Economics*, 15 (2), 199–211.

Поступила в редакцию 19.04.2021;
принята в печать 26.07.2021.

Tsvetkova A. Technical efficiency trends of Russian firms in 2013–2018. *Applied Econometrics*, 2021, v. 63, pp. 91–116.

DOI: 10.22394/1993-7601-2021-63-91-116

Anna Tsvetkova

Bank of Russia, National Research University Higher School of Economics; Russian Federation;
ann.tsvetkova@gmail.com

Technical efficiency trends of Russian firms in 2013–2018

The paper examines technical efficiency of Russian firms during the period from 2013 to 2018 applying the stochastic production frontier method. The estimates obtained indicate that technical efficiency grows with firm size and declines with its age. While macroeconomic situation deteriorated in 2015–2016, technical efficiency in most industries changed insignificantly. However, the number of industries with a negative trend in technical efficiency is higher than the number of industries with a positive trend. The contribution of industries with declining technical efficiency to the total employment and output are higher than those of industries with growing technical efficiency or insignificantly changing technical efficiency.

Keywords: technical efficiency; production function; Russian firms; stochastic frontier analysis.

JEL classification: D22; D24; L25.

Acknowledgments. The author is grateful to Svetlana Avdasheva, Olga Demidova, Boris Kuznetsov, Anatoly Peresetsky and Ilya Voskoboynikov for their helpful comments and suggestions.

References

- Aivazian S., Afanasiev M., Rudenko V. (2012). Some specification aspects for three-factor models of a company's production potential taking into account intellectual capital. *Applied Econometrics*, 27, 36–69 (in Russian).
- Baranov E. F., Bessonov V. A. (2018). A view at the Russian economic transformation. *Voprosy Ekonomiki*, 11, 142–158 (in Russian).
- Bessonova E. V. (2018). Analysis of Russian firms' TFP growth in 2009–2015. *Voprosy Ekonomiki*, 7, 96–118 (in Russian).
- Bessonova E. V., Morozov A. G., Turdyeva N. A., Tsvetkova A. N. (2020). Opportunities for accelerating labor productivity growth: The role of small and medium enterprises. *Voprosy Ekonomiki*, 3, 98–114 (in Russian).
- Gimpelson V. Y., Kapeliushnikov R. I. (2015). The Russian labour market model: Trial by recession. *Journal of the New Economic Association*, 26 (2), 249–254 (in Russian).
- Ipatova I., Peresetsky A. (2013). Technical efficiency of Russian plastic and rubber production firms. *Applied Econometrics*, 32, 71–92 (in Russian).
- Ipatova I. (2015). The dynamics of total factor productivity and its components: Russian plastic production. *Applied Econometrics*, 38, 21–40 (in Russian).
- Krasnopeeva N., Nazrullaeva E., Peresetsky A., Shchetinin E. (2016). To export or not to export? The link between the exporter status of a firm and its technical efficiency in Russia's manufacturing sector. *Voprosy Ekonomiki*, 7, 123–146 (in Russian).
- Orlova N. V., Lavrova N. A. (2019). Potential output as a reflection of Russian economy perspectives. *Voprosy Ekonomiki*, 4, 5–20 (in Russian).
- Shchetynin Y., Nazrullaeva E. (2012). Effects of fixed capital investments on technical efficiency in food industry. *Applied Econometrics*, 28, 63–84 (in Russian).
- Aigner D., Lovell C. K., Schmidt P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6 (1), 21–37.
- Akcigit U., Alp H., Peters M. (2021). Lack of selection and limits to delegation: Firm dynamics in developing countries. *American Economic Review*, 111 (1), 231–275.
- Andrews D., Criscuolo C., Gal P. (2016). The global productivity slowdown, technology divergence and public policy: A firm level perspective. *Brookings Institution Hutchins Center Working Paper*, 24.
- Bhandari A. K., Maiti P. (2007). Efficiency of Indian manufacturing firms: Textile industry as a case study. *International Journal of Business and Economics*, 6 (1), 71–88.
- Bogetic Ž., Olusi O. (2013). Drivers of firm-level productivity in Russia's manufacturing sector. *Policy Research Working Paper*, No. 6572. World Bank, Washington, DC.
- Caballero R., Hammour M. L. (1994). The cleansing effect of recessions. *American Economic Review*, 84 (5), 1350–1368.
- Dabrowski M. (2019). Factors determining Russia's long-term growth rate. *Russian Journal of Economics*, 5, 328–353.
- De Jorge-Moreno J., Carrasco O. R. (2015). Technical efficiency and its determinants factors in Spanish textiles industry (2002–2009). *Journal of Economic Studies*, 42 (3), 346–357.
- De Vries G. J., Erumban A. A., Timmer M. P., Voskoboinikov I., Wu H. X. (2012). Deconstructing the BRICs: Structural transformation and aggregate productivity growth. *Journal of Comparative Economics*, 40 (2), 211–227.

Golikova V., Kuznetsov B. (2017). Suboptimal size: Factors preventing the growth of Russian small and medium-sized enterprises. *Foresight and STI governance*, 11 (3), 83–93.

Kumbhakar S. C., Wang H.-J., Horncastle A. P. (2015). *A practitioner's guide to stochastic frontier analysis using Stata*. Cambridge University Press.

Lundvall K., Battese G. E. (2000). Firm size, age and efficiency: Evidence from Kenyan manufacturing firms. *The Journal of Development Studies*, 36 (3), 146–163.

Mengistae T. (1996). Age-size effects in productive efficiency: A second test of the passive learning model. *CSAE Working Paper Series 1996–02*. Centre for the Study of African Economies, University of Oxford.

Osoimehin S., Pappadà F. (2017). Credit frictions and the cleansing effect of recessions. *The Economic Journal*, 127 (602), 1153–1187.

Sheu H. J., Yang C. Y. (2005). Insider ownership structure and firm performance: A productivity perspective study in Taiwan's electronics industry. *Corporate Governance: An International Review*, 13 (2), 326–337.

Timmer M. P., Voskoboynikov I. B. (2014). Is mining fuelling long run growth in Russia? Industry productivity growth trends since 1995. *Review of Income and Wealth*, 60, S398–S422.

Voskoboynikov I. B. (2017). Sources of long run economic growth in Russia before and after the global financial crisis. *Russian Journal of Economics*, 3 (4), 348–365.

Voskoboynikov I. B. (2020). Structural change, expanding informality and labor productivity growth in Russia. *Review of Income and Wealth*, 66 (2), 394–417.

Zhang X. G., Zhang S. (2001). Technical efficiency in China's iron and steel industry: Evidence from the new census data. *International Review of Applied Economics*, 15 (2), 199–211.

Received 19.04.2021; accepted 26.07.2021.