

КОМПОНЕНТЫ СОВОКУПНОЙ ФАКТОРНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЭКОНОМИКИ РОССИИ ОТНОСИТЕЛЬНО ДРУГИХ СТРАН МИРА: РОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ¹

В статье оценивается структура изменений совокупной факторной производительности (СФП) для ВВП ряда экономик мира на двух выборках в период 1990-2010 гг. Полученные оценки применяются для изучения структуры изменений СФП в России.

Подходы к оценке совокупной факторной производительности. Классический подход к оценке совокупной факторной производительности (СФП) предполагает эффективное использование производственных факторов с учетом имеющейся технологии [1].

Мы используем межстрановые сопоставления в анализе панельных данных на основе оценки технической эффективности для выделения структуры изменений СФП. Оценка технической эффективности предполагает определение СФП как отношения агрегированного выпуска к агрегированным затратам после исключения влияния цен на продукты и производственные факторы. Этот подход достаточно давно применяется для межстрановых исследований на секторальном уровне [2]. Вместе с тем для межстрановых сопоставлений СФП этот подход начал использоваться сравнительно недавно.

Метод разложения СФП на ряд компонентов с предпосылкой о неэффективности использования факторов производства впервые был предложен в работе [3]. Авторы рассматривали динамику СФП по двум компонентам: изменение технической эффективности за счет движения к границе производственных возможностей и за счет изменения самой границы производственных возможностей. В данной работе нами использовано разложение СФП, предложенное в работе [4]: технологический компонент, техническая эффективность, эффективность масштаба и смешанная эффективность.

При этом формулы расчета отдельных компонентов СФП были выведены в более ранних работах других авторов. В мировой литературе принято считать, что формулы расчета технической эффективности посредством функции расстояния² впервые приведены в работе [6]. Формула расчета эффективности масштаба приводится в [7]. Основным исследованием, использующим сходные методы, остается работа [8], в которой оценки СФП оцениваются на макроуровне методом анализа стохастической границы (SFA) с использованием индексов Мальмквиста, выделяя только компоненту технической эффективности. Мы сопоставляем наши ранжировки СФП и технической эффективности с результатами этой работы.

Используемые методы оценки. Техническая эффективность экономик (удаленность от мировой границы производственных возможностей) оценивается нами с помощью метода детерминистской границы – DEA (Data Envelopment Analysis [4]). Он также используется для анализа изменения страновой совокупной факторной производительности TFP (Total Factor Productivity) и ее отдельных компонентов.

Техническая эффективность находится как функция расстояния по выпуску – отношение выпуска страны к максимально возможному при фиксированных затратах. Максимально возможные выпуски, соответствующие разным затратам, обра-

¹ Исследование выполнено в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2015 г. Статья подготовлена при поддержке Министерства образования и науки РФ на основе материалов проекта «Сценарный анализ влияния научно-технологического развития России на макроэкономическую ситуацию в долгосрочной перспективе» (Соглашение о субсидии № 02.603.21.0003, уникальный идентификатор НИИ RFMEF160314X0003).

² Упомянутая функция расстояния была предложена в работе [5].

зуют детерминистическую производственную границу. Техническая эффективность – относительный показатель, упорядочивающий наблюдения в выборке.

Для статистического исследования интерес представляют не столько уровни отдельных компонентов СФП, сколько их изменение во времени и по выборке. Изменение СФП, согласно разложению в [4], включает изменения:

- технологическое – изменение максимально возможной СФП стран во времени;
- технической эффективности – движение к границе производственных возможностей (или от нее) при сохранении пропорций выпуска и используемых факторов;
- эффекта масштаба – движение вдоль производственной границы в целях извлечения выгоды от масштаба;
- смешанной эффективности – движение к границе (или от нее) производственных возможностей при снятии ограничений на первоначальные пропорции выпуска и используемых факторов.

Для агрегированных индексов выпуска и расходов чаще всего используются индексы Ласпейреса, Пааше, Фишера, Лоуи, Мальмквиста, Хикса-Мурстена, Фера-Примонта. В данной работе эмпирический анализ проводится на основе индекса СФП Фера-Примонта [9], который не требует данных о ценах.

Метод DEA решает оптимизационные задачи математического программирования³ [4]. В его основе лежат следующие предпосылки:

- все необходимые переменные объемов и цен наблюдаются без ошибок;
- производственная метафункция (общая для всех стран) кусочно-линейна;
- меньшие количества выпуска и затрат доступны;
- производственное множество выпукло.

Построение моделей долгосрочного влияния глобального социально-экономического и научно-технологического развития на параметры мировой экономики. Предполагается, что адаптация научных результатов осуществляется посредством технологического развития и сопровождается появлением и широким распространением новых товаров и услуг. Различают три варианта технологического развития:

- импорт готовых товаров и услуг;
- импорт готовых технологических концепций (в виде патентов) с их последующей адаптацией в производстве;
- разработку собственных технологических концепций и их внедрение.

Эти варианты технологического развития существенно различаются по продолжительности цикла их влияния на социально-экономическое развитие. Первый (импорт технологий через готовую продукцию) позволяет получить результаты практически сразу (по мере импорта товара или оборудования, т.е. в сроки не более одного-двух лет). Второй способ предполагает разработку собственного инженерного или технологического решения на базе предлагаемой концепции (уже существующего патента или пакета патентов) и потребует не менее трех-пяти лет до получения результатов на стадии массового производства. Третий подразумевает полноценную коммерциализацию технологического решения «с нуля», поэтому не может занимать менее десяти лет.

В действительности все три варианта технологического развития реализуются параллельно в различных областях. Следует отметить, что под расходами на НИОКР в статистике понимаются и разработка полностью новых решений, и адаптация в производстве патентов, частично улучшающих существующие технологии. Следовательно, в расходах на НИОКР фактически не разделяются расходы на второй (адаптация патентов) и третий (разработка патентов) варианты технологического развития, выделяются только расходы на покупку собственно патентов. Поэтому при использовании показателей расходов на НИОКР необходимо учитывать, что в динамике этих показателей отражено влияние процессов научно-технологического развития разных уровней.

³ В данном случае: нахождение максимального выпуска при заданных ограничениях на факторы производства.

Оценка границы производственных возможностей. Оценка глобальной технологической границы проводилась на двух выборках. Для состава контрольной выборки были взяты страны, входившие в состав ОЭСР по состоянию на 1990 г. Мы предполагаем, что масштаб экономик может влиять на оценку границы производственных возможностей (малые экономики могут располагаться на границе). Контрольная выборка исключает подобные случаи.

При отборе в контрольную выборку учитывались: уровень экономического развития страны, устойчивость развития (в первую очередь отсутствие трансформационного спада), уровень технологического развития (объем и интенсивность, а также структура расходов на НИОКР) и деловой климат (по отношению к другим странам мира). Всеми этими качествами страны, составившие контрольную выборку, должны были обладать на протяжении всего периода 1990-2010 гг.

Производственные границы оценивались методом DEA. Этот метод рассчитывает сопоставимые по странам и во времени уровни СФП и ее компонентов, поэтому разумным требованием является сбалансированность панельных данных. В результате, выборка «ОЭСР-1990» содержала 23 страны и Россию, а мировая производственная граница оценивалась по 91 стране.

Для оценки моделей использовалась база данных по широкому кругу индикаторов научно-технологического и экономического развития. В числе прочего база данных содержит оценки объемов труда и капитала для ста экономик мира в период 1990-2010 гг., а также информацию по целому ряду показателей научно-технологического развития, включая расходы на НИОКР.

В данной работе в качестве показателя выпуска использовался ВВП по ППС в сопоставимых ценах 2005 г. В качестве факторов были выделены: запас основного капитала (по ППС в сопоставимых ценах 2005 г.), численность экономически активного населения и среднее количество лет образования, полученного лицами, старше 25 лет как показатель человеческого капитала. При выборе факторов учитывались международный опыт построения производственной границы, а также полнота соответствующих данных по странам и годам.

Моделирование технологического показателя. Максимальное значение СФП среди стран в каждом периоде времени формирует динамику первого компонента СФП – технологического показателя. Принято считать, что сдвиг производственной границы происходит из-за изменения технологий, поэтому с экономической точки зрения технологический показатель задает технологическую границу. При этом необходимо учитывать, что значение технологического показателя зависит от конкретной выборки, и предполагается, что существует страна, формирующая технологическую границу.

Технологическая граница для выборки «мир» почти за все годы (за исключением начала периода и периода мирового финансового кризиса) определяется США. Для «ОЭСР-1990» США за все годы имеют максимальное значение СФП. По этой причине две технологические границы не полностью совпадают по динамике (рис. 1), но коэффициент корреляции темпов прироста технологического показателя по двум выборкам составляет 0,89.

Оценки моделей динамики обоих технологических показателей приведены в табл. 1. Зависимой переменной выступала разность логарифмов (приблизительно соответствующая темпам прироста) полученного в DEA технологического показателя⁴.

⁴ Ошибки моделей стационарны, согласно тесту Дики-Фуллера. Использовались ошибки в форме Ньюи-Веста, значимой автокорреляции с помощью статистики Дарбина-Уотсона выявлено не было. Число оцениваемых параметров равно 4, количество наблюдений – 16-18.

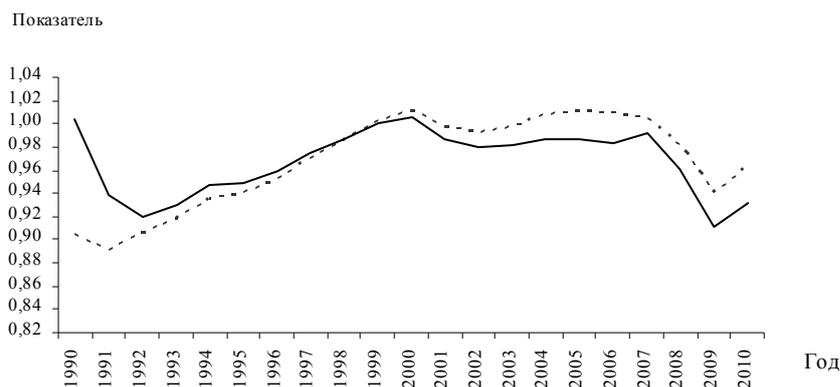


Рис. 1. Динамика технологического показателя:
 — «ОЭСР-1990»; - - - «Мир»

Таблица 1

Результаты оценивания моделей (М) технологического показателя

Зависимая переменная: d(log (Технологический показатель))	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Выборка «ОЭСР-1990»						
d(log(Госрасходы на НИОКР США), лаг 13)	0,28*** (0,08)	0,20*** (0,04)	0,22*** (0,04)			
Госрасходы на НИОКР США, % ВВП, лаг 12				7,56** (3,47)	4,58 (3,68)	10,43*** (1,29)
d(log(мировой ВВП))		0,78*** (0,07)	0,81*** (0,07)		0,73*** (0,21)	0,70*** (0,10)
Разрыв выпуска США, % потенциального ВВП, лаг 1			-0,19*** (0,04)			-0,52*** (0,07)
Const	-0,003 (0,004)	-0,02*** (0,002)	-0,02*** (0,003)	-0,07* (0,04)	-0,06* (0,03)	-0,12*** (0,01)
R ²	0,37	0,85	0,91	0,27	0,65	0,90
Число наблюдений	16	16	16	18	18	18
Выборка «Мир»						
d(log(Госрасходы на НИОКР США), лаг 13)	0,26* (0,12)	0,15** (0,06)	0,17*** (0,06)			
Госрасходы на НИОКР США, % ВВП, лаг 12				7,58* (3,72)	3,77 (2,50)	9,14*** (2,25)
d(log(мировой ВВП))		1,00*** (0,14)	1,03*** (0,13)		0,93*** (0,19)	0,91*** (0,14)
Разрыв выпуска США, % потенциального ВВП, лаг 1			-0,18* (0,10)			-0,48*** (0,12)
Const	-0,01 (0,005)	-0,03*** (0,004)	-0,03*** (0,004)	-0,08* (0,04)	-0,06** (0,02)	-0,11*** (0,02)
R ²	0,24	0,84	0,88	0,21	0,70	0,86
Число наблюдений	16	16	16	18	18	18

Примечание: здесь и в следующих таблицах *, **, *** – уровни значимости 10, 5 и 1-процентный, соответственно. В скобках указаны стандартные ошибки коэффициентов.

Среди объясняющих переменных в качестве главной с точки зрения анализа выделяется разность логарифмов (модели 1-3) или отношение к ВВП в процентах (модели 4-6) государственных расходов на проведение НИОКР в США с лагом⁵, примерно соответствующим концептуальной схеме взаимосвязи социально-экономического и научно-технологического развития. Данный показатель значим

⁵ Термин «лаг» здесь и далее используется для значений показателей временных рядов в предыдущие периоды. Переменная «показатель с лагом один» соответствует предшествующему значению показателя, «с лагом десять» - значению показателя десять периодов назад.

почти во всех оцененных моделях (кроме М5), и его влияние положительно. При этом более ранние и более поздние лаги (приблизительно от 10-го до 15-го) также значимы, но соответствующие модели несколько уступают по статистическим характеристикам, приведенным в таблицах. Подобные большие лаги характерны именно для государственных расходов на НИОКР.

Темп прироста (переменная разности логарифмов) мирового ВВП включен в модель в качестве контрольного показателя внешних шоков. При этом возможна и обратная зависимость⁶.

Разница между фактическим ВВП США и потенциальным (переменная «разрыв выпуска» – в процентах потенциального ВВП) с лагом в один год отрицательно влияет на зависимую переменную, что отвечает циклическим колебаниям в экономике. Положительный разрыв снижает темпы прироста технологического показателя (одного из компонентов СФП) в следующем году, замедля темпы прироста фактического ВВП и уменьшая положительный разрыв следующего года.

Модели влияния показателей научно-технологического развития на совокупную факторную производительность. Для моделирования темпов прироста СФП были приняты следующие предположения:

– согласно концептуальной схеме взаимосвязи социально-экономического и научно-технологического развития, расходы на проведение НИОКР должны влиять на СФП с лагом в 10-15 лет;

– при этом государственные расходы на НИОКР слабо варьируют во времени и в данном случае близки к фиксированным страновым эффектам;

– частные расходы на НИОКР чаще имеют прикладную направленность, поэтому быстрее приводят к социально-экономическому результату.

Модели оценивались на панельных данных с фиксированными индивидуальными эффектами. Модель 1 (табл. 2) включает лаг уровня СФП и авторегрессионную часть первого порядка (AR(1)). Первый показатель проверяет гипотезу β -конвергенции: чем выше значение уровня СФП, тем меньшими будут темпы его прироста в следующем периоде.

Таблица 2

Результаты оценивания моделей темпов прироста СФП. Выборка «мир»

Зависимая переменная - темпы прироста СФП	M1	M2	M3	M4	M5
Частные расходы на НИОКР, % ВВП, лаг 5		0,63 (0,511)	1,24*** (0,466)		
Общие расходы на НИОКР, % ВВП, лаг 5				0,82* (0,446)	0,64* (0,365)
Уровень СФП, лаг 1	-33,44*** (3,477)	-33,02*** (4,094)	-54,18*** (4,514)	-38,93*** (4,462)	-59,38*** (4,312)
Индекс развития институтов			2,48*** (0,394)		2,63*** (0,385)
Темпы прироста числа пользователей телефонов			0,07*** (0,014)		0,04*** (0,009)
Внешнеторговый оборот, % ВВП			0,05*** (0,009)		0,07*** (0,009)
Темпы прироста СФП, лаг 1	0,20*** (0,023)	0,20*** (0,042)	0,12*** (0,040)	0,17*** (0,039)	0,18*** (0,036)
Константа	11,26*** (1,090)	14,83*** (1,757)	1,29 (2,572)	15,50*** (1,676)	-0,29 (2,475)
Число наблюдений	1729	432	432	682	673
R ²	0,083	0,168	0,336	0,130	0,334
Число стран	91	31	31	69	68

⁶ Ошибки уравнений не коррелируют с темпами прироста мирового ВВП. Оценки при использовании данного метода состоятельны в случае эндогенности по тесту Хаусмана.

Эту гипотезу подтверждает значимый отрицательный коэффициент. В М2 и М4 сохраняются результаты М1, но добавляется показатель расходов на НИОКР: в М2 – частных, в М4 – общих.

В М3 и М5 включены факторы институциональной среды, развития инфраструктуры, демографии, состояния финансовой сферы, внешних шоков и взаимосвязей с остальным миром. В результате значимыми с положительным коэффициентом оказались агрегированный индекс развития институтов, рассчитываемый по методологии Fraser Institute, темп прироста числа пользователей стационарных и мобильных телефонных соединений и внешнеторговый оборот (% к ВВП).

Расходы на НИОКР, как частные, так и совокупные, значимы (кроме М2) с лагом 5. Этот лаг более чем в два раза меньше ожидаемого – наиболее приемлемым объяснением может служить природа этих вложений: бизнес заинтересован в скорейшей коммерциализации научных разработок. Импорт технологий также уменьшает среднее время получения реальной отдачи от инвестиций.

Для темпов прироста технической эффективности и производства трех эффективностей (технической, масштаба и смешанной) были построены и оценены уравнения аналогичной спецификации. Гипотеза о β -конвергенции не отвергается во всех моделях. Лаги зависимого показателя также везде значимы. Показатели институционального развития, инфраструктуры и внешней торговли в большинстве случаев значимы и положительно влияют и на производство трех эффективностей, и на его составляющую – техническую эффективность.

Положительное влияние на социально-экономическое развитие расходов на НИОКР также было подтверждено, причем с пятилетним лагом, соответствующим среднему по схеме предполагаемому значению. Основную вариацию расходов на НИОКР обеспечивают частные инвестиции. Государственные расходы на НИОКР оказались незначимы во всех моделях, так как имеют небольшую вариацию.

Оценка влияния научно-технологического развития на параметры отдельной экономики (на примере России). Используемые в исследовании предпосылки подразумевают рассмотрение влияния технологического развития на экономическое через динамику и изменение структуры СФП. Для России динамика и структура СФП показаны на рис. 2.

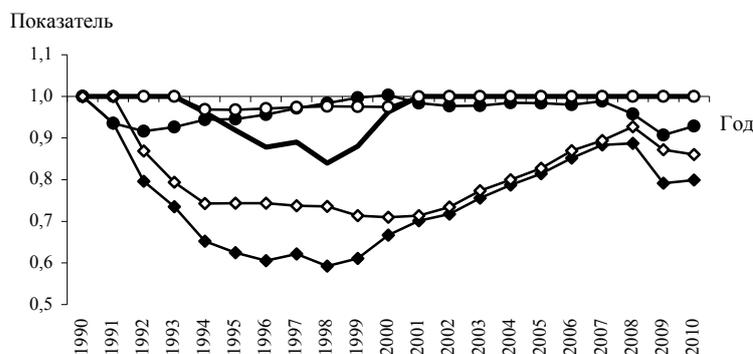


Рис. 2. Сопоставительная динамика компонентов СФП экономики России, индекс, 1990=100:
 — техническая эффективность; —◆— СПФ; —◇— остаточная смешанная эффективность;
 —○— эффективность от масштаба; —●— технологический показатель

Следует отметить, что оценка методом DEA в том числе отражает существенный трансформационный спад, который отразился практически на всех без исклю-

чения компонентах СФП. Так как отдельное отражение эффекта трансформации отраслевой структуры в разложении методом DEA не предусмотрено, спад за счет собственно трансформационного кризиса отражен преимущественно в динамике остаточной эффективности. При этом восстановление основных компонентов СФП до оптимального уровня, согласно оценке, произошло после кризиса 1998 г., и динамика СФП в последние 15 лет определялась преимущественно восстановлением остаточной эффективности.

Быстрое восстановление всех компонентов СФП частично объясняется и побочными эффектами метода огибающей: сочетание издержек и выпуска специфичное для России, практически не повторяется в других странах. Таким образом, на этом участке технологическая граница (огибающая) должна пройти через наблюдения, соответствующие России.

Сопоставление ошибок моделей для России. Ошибку регрессии (т.е. дистанцию от фактического до модельного значения зависимой переменной) можно рассматривать как эффект влияния на зависимую переменную совокупности прочих факторов, не учтенных при оценке. При этом ошибки в силу усреднения при оценке регрессии существенно различаются в зависимости от страны и года. Целесообразно предположить, что модель с устойчиво более низкой ошибкой регрессии для России существенно лучше описывает динамику российских показателей.

На рис. 3 приведена динамика относительного положения наблюдений по России для выборки «мир». Более высокий ранг (место) соответствует более точному описанию моделью динамики российских показателей, более низкий (например, первое место по величине ошибок) подразумевает невысокую точность. Наилучшая динамика ошибок по этому критерию наблюдается в модели для компонента СФП «техническая эффективность», на втором месте модель для СФП в целом.

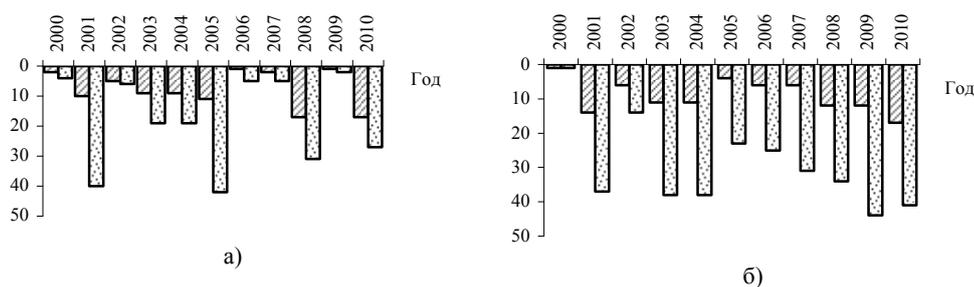


Рис. 3. Индексы динамики ранга ошибки для России (▨ частные; ▩ общие) :
а) уравнения СФП; б) уравнения технической эффективности

Особый интерес представляет существенное различие ранга ошибок при использовании в качестве фактора частных и совокупных расходов на НИОКР. Ошибки в первом случае, как правило, оказывались существенно больше, даже если скорректировать ранг на размер выборки.

Можно предположить, что динамика частных расходов на НИОКР в России гораздо слабее влияет на изменения СФП и ее компонентов из-за проблем измерения расходов на НИОКР, а также из-за небольшой доли частных расходов на НИОКР в структуре совокупных расходов на НИОКР. Таким образом, модели с фактором частных НИОКР, несмотря на более четкое теоретическое обоснование, менее точно описывают динамику СФП России, чем модели с совокупным уровнем расходов на НИОКР.

* * *

Подробное разложение СФП на компоненты позволило нам эмпирически оценить связь динамики расходов на НИОКР и СФП. По результатам оценки можно подвести некоторые предварительные итоги:

Во-первых, полученные результаты согласуются с принятыми предположениями относительно продолжительности цикла влияния технологических изменений на экономическое развитие: динамика расходов на НИОКР влияет на динамику СФП не ранее чем через пять лет для частных и не ранее чем через десять лет для совокупных расходов на НИОКР. Использование двух контрольных выборок позволило выявить различную значимость факторов динамики СФП, по-видимому, связанную с уровнем экономического развития стран.

Во-вторых, получены оценки глобальной технологической границы, динамика которой сходна по используемым выборкам. Снижение технологического показателя в 2008-2009 гг. предполагает, что глобальный кризис создал структурные проблемы в мировой экономике, которые выходят далеко за пределы среднесрочного цикла.

В-третьих, оценка макроэкономического эффекта расходов на НИОКР (см. табл. 3) составляет: для частных расходов – 1,2 проц. п. прироста СФП через пять лет, для совокупных – 0,6-0,8 проц. п. прироста СФП через пять лет.

В России, в отличие от среднего значения по двум выборкам, динамика совокупных расходов на НИОКР наиболее тесно связана с динамикой СФП, чем динамика частных расходов на НИОКР. Это содержательно соответствует как роли, так и эффективности частных расходов на НИОКР в 1990-2010 гг.

Литература

1. Barro R.J. Notes on Growth Accounting // *Journal of Economic Growth*. 1999. № 4(2). Pp. 119-137.
2. Hultberg P.T., Nadiri M.I. and Sickles R.C. Cross-country Catch-up in the Manufacturing Sector: Impacts of Heterogeneity on Convergence and Technology Adoption // *Empirical Economics*. 2004. № 29(4). Pp. 753-768.
3. Kumar S., Russell R.R. Technological Change, Technological Catch-up, and Capital Deepening: Relative Contributions to Growth and Convergence // *American Economic Review*. 2002. № 92(3). Pp. 527-548.
4. O'Donnell C.J. An Aggregate Quantity-Price Framework for Measuring and Decomposing Productivity and Profitability Change // *Centre for Efficiency and Productivity Analysis Working Papers. WP07/2008. University of Queensland*. 2008.
5. Shephard R.W. *Cost and Production Functions* / Princeton // Princeton University Press. 1953.
6. Farrell M.J. The Measurement of Productive Efficiency // *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*. 1957. 120(3). Pp. 253-290.
7. Balk B.M. *Industrial Price, Quantity, and Productivity Indices: The Micro-Economic Theory and an Application*. Boston: Kluwer Academic Publishers. 1998.
8. Белоусов Д.Р., Апокин А.Ю., Пестова А.А., Сухарева И.О., Фролов А.С. и др. Долгосрочное прогнозирование социально-экономического развития: методология. М.: МАКС Пресс, 2012. 320 с.
9. Färe R., Primont D. *Multi-output Production and Duality: Theory and Applications*. Boston: Kluwer Academic Publishers. 1995.