Д. С. Бенц

Челябинский государственный университет, г. Челябинск,
Российская Федерация

Моделирование эколого-экономической эффективности Уральского региона

Аннотация. В последние годы Уральский регион столкнулся не только с существенным замедлением темпов экономического роста, но и с серьезными экологическими проблемами. Методологической базой исследования является неоклассическая экономическая теория, согласно которой экономический рост можно описать при помощи производственной функции, отражающей зависимость реализуемого объема выпуска от применяемых факторов производства. Автор расширил «набор» факторов производства, добавив к классическим независимым переменным – труду и капиталу – показатели объема промышленного производства, среднедушевых доходов населения и затрат на технологические инновации. Корреляционный анализ показал наиболее тесную связь между экономическим ростом и темпами роста среднедушевых доходов населения и инвестиций в основной капитал. Кроме того, выявлена умеренная связь темпов роста выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и темпов роста промышленного производства, а также текущих затрат на охрану окружающей среды. Были построены четыре регрессии, две из которых представляют собой множественную нелинейную регрессию, две – парную линейную. Первая регрессия отражает зависимость темпов экономического роста от факторов, упомянутых выше, вторая регрессия показывает зависимость темпов роста вредных выбросов в атмосферу от темпов роста промышленного производства, текущих и капитальных затрат на охрану окружающей среды. В парных линейных регрессиях в качестве независимой переменной выступает темп роста промышленного производства. Зависимыми переменными являются в первом случае – темп роста валового регионального продукта, во втором – коэффициент экологической эффективности. Результаты исследования заключаются в определении оптимального темпа роста промышленного производства (0,95), при котором возможно снижение выбросов в атмосферу на 4 %.

Ключевые слова: экономический рост региона; экологическая эффективность региона; Уральский регион; концепция эколого-экономической эффективности; графическое моделирование; корреляционный анализ; регрессионный анализ.

Для цитирования: Бенц Д. С. Моделирование эколого-экономической эффективности Уральского региона // Journal of New Economy. 2019. Т. 20, № 4. С. 70–87. DOI: 10.29141/2073-1019-2019-20-4-4

Дата поступления: 13 мая 2019 г.

Введение

Экономический рост, экономическое развитие – это цели, на которые и национальная экономика, и экономика регионов держала ориентир несколько последних десятилетий. Гонка за экономическим ростом привела к целому ряду негативных последствий в экологическом отношении. По оценкам экспертов, величина экономического ущерба от загрязнений воды и атмосферы составляет 6–15 % ВВП страны. С другой стороны, Россия считается экологическим донором мира, так как обеспечивает до 10 % биосферной

устойчивости. Однако в 40 субъектах РФ свыше половины городского населения проживает в условиях высокой загрязненности воздуха¹. При этом большинство населения России проживает на территории промышленных регионов. «Самый» промышленный регион – Уральский федеральный округ [Бенц, Капкаев, 2018], который является объектом исследования. По данным Росстата, суммарная доля промышленного производства на конец 2016 г. в Уральском регионе составила 52,4 %².

Цель исследования – определение темпа роста промышленного производства, не противоречащего концепции эколого-экономической эффективности. Для этого автором разработана методика определения оптимального темпа роста промышленного производства, которая базируется на графическом моделировании. Предлагается построить две функции, одна из которых будет отражать зависимость экономической эффективности от темпов роста промышленного производства. Вторая функция показывает зависимость экологической эффективности от аналогичного фактора. Совмещение двух функций, как в графическом, так и алгебраическом смысле, позволит найти искомую величину.

Задачи исследования:

- определение связи между показателями экономического роста региона и его экологической эффективностью с применением корреляционного анализа.
- построение регрессионных моделей, одна из которых отражает зависимость экономического роста от ряда показателей, другая – зависимость объемов выброса в атмосферу от показателей экологической эффективности.

Построение регрессий поможет доказать или опровергнуть две гипотезы:

- 1) зависит ли темп роста номинального валового регионального продукта от темпов роста промышленного производства, численности рабочей силы, инвестиций в основной капитал, среднедушевых денежных доходов населения, затрат на технологические инновации;
- 2) зависит ли экологическая эффективность от темпов роста промышленного производства, текущих затрат на охрану окружающей среды, инвестиций в основной капитал, направленных на охрану окружающей среды.

Функции, о которых идет речь, будут построены не только в виде множественных, но и в виде парных регрессий. Построение парных регрессий позволит провести наглядное графическое моделирование и достичь заявленной выше цели.

Концепция устойчивого развития

«Устойчивое развитие» – категория, возникшая не сегодня. Идея о более устойчивой экономике обсуждается десятилетиями. В последние годы дискуссия вокруг устойчивости стала ключевой в обсуждении глобальных проблем. Это обосновывается результатами научных исследований, выявивших деградацию окружающей среды. Согласно Программе ООН по окружающей среде, достижение устойчивости почти полностью зависит от формирования «правильной» экономики. Итогом Первой всемирной конференции по проблемам окружающей среды (1972 г.) стала Стокгольмская Декларация по окружающей среде, в которой был закреплен термин «устойчивое развитие». В этом же году была принята Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП). В документе провозглашена защита окружающей среды как ключевая концепция Программы, сделан акцент на том,

¹ Основы государственной политики в области экологического развития России на период до 2030 года (утв. Президентом РФ 30 апреля 2012 г.). URL: <http://base.garant.ru/70169264/>

² Ежегодный статистический сборник «Регионы России». URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2018/region/reg-pok18.pdf

что развитие цивилизации и экологические проблемы нельзя рассматривать обособленно друг от друга [Egelston, p. 7].

Прямая связь экономического роста с уровнем бедности и экологическими бедствиями была показана в докладе «Пределы роста» Римского клуба. Аналогичные вопросы были подняты в докладе Комиссии ООН «Наше общее будущее» (1987 г.)¹, в котором впервые дана формулировка устойчивого развития. В 1996 г. Россия взяла обязательство по переходу к устойчивому развитию, что нашло отражение в Указе Президента РФ № 440 от 1 апреля 1996 г. Далее концепция была представлена в ряде программ ООН².

«Устойчивое развитие» – категория, более широкая, нежели «экологическая эффективность». Тем не менее одно из фундаментальных направлений устойчивого развития – это рост именно экологической эффективности. «Зеленая экономика» – термин, прозвучавший в 1989 г. в новаторском докладе «Проект зеленой экономики», подготовленном группой экономистов-экологов для правительства Соединенного Королевства [Barbier, Markandya, Pearce, 1990]. В 2008 г. этот термин был возрожден. Финансовый кризис и проблемы глобальной рецессии подтолкнули ЮНЕП отстаивать идею «пакетов зеленых стимулов». Концепция «зеленой экономики» стала ключевым шагом к достижению устойчивого развития [Аткиссон, 2012], под которым стали понимать развитие, позволяющее удовлетворять потребности ныне живущих людей, не лишая будущие поколения возможности удовлетворять свои потребности [Медоуз и др., 1991].

В современном мире экологические проблемы обостряются. Уровень загрязненности окружающей среды находится на пределе допустимых границ. Вопросы экологии затрагивают не только биологов, но и остальные сферы научного познания. Тема устойчивого развития является междисциплинарной, ее изучают представители различных наук – биологии, экологии, химии. Пристальное внимание этой области уделяют и экономисты. М. Вайнштейн, посвятивший вопросам устойчивого развития более 200 публикаций, проблему устойчивого развития называет «трансдисциплинарной», ментальной [Weinstein, Turner, Ibáñez, 2013; Weinstein, Litvin, Krebs, 2014]. Он делает акцент на необходимости обучить новое поколение мышлению, которое соответствует парадигме устойчивого развития. Для создания устойчивого мира необходимо приложить усилия в области технических, экономических, социальных, политических и личностных изменений. Некоторые авторы рассматривают экологические проблемы через призму цены на ресурсы и готовности потребителя платить за эти ресурсы – через поведение потребителя [Dasgupta A., Dasgupta P., 2017]. Авторы изучают нормы потребления и социально направленные предпочтения и показывают, что выстраивание связей между социологическими и поведенческими экономическими подходами к исследованию поведения потребителя может дать существенные результаты в области экономического анализа, особенно экологической политики [Dasgupta P. et al., 2016].

Проблема устойчивого развития стала актуальной, когда появилось понимание того, что ускорение темпов экономического роста несет в себе отрицательные последствия в виде колоссального увеличения выбросов в окружающую среду, невозможности восполнить потребленные ресурсы, парниковых эффектов [Ananda, Hampf, 2015]. Рост производства, сопровождающегося загрязнением, приводит к существенному увеличению и потребляемых ресурсов. В частности, зависимость потребляемой энергии от объема ВВП на душу населения описывается следующим уравнением [Brown et al., 2011, p. 20]:

¹ Наше общее будущее: доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР). URL: <http://устойчивоеразвитие.пф/files/monographs/OurCommonFuture-introduction.pdf>

² The Future we want. URL: http://www.un.org/disabilities/documents/rio20_outcome_document_complete.pdf; Sustainable Development Goals. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>

$$y = 4,06x^{0,76} (r_2 = 0,76),$$

где y – объем потребляемой энергии на душу населения, Вт; x – объем ВВП на душу населения. Выборкой для построения регрессии послужили 50 стран, исследуемый период – 1980–2003 гг. Уравнение говорит о том, что на каждые дополнительные 1000 дол. роста ВВП на душу населения рост потребления электроэнергии также на душу населения составляет 400–500 Вт.

По мнению отечественных ученых, в частности Н. Н. Моисеева [2013], термин «устойчивое развитие» близок к термину «ноосфера». Широкое распространение получил термин «зеленая экономика».

Международная торговая палата (ICC) определяет «зеленую экономику» как экономику, в которой экономический рост и экологическая ответственность «работают» совместно, поддерживая прогресс в социальном развитии. Термин «зеленая экономика» впервые был озвучен в 1989 г. в докладе для правительства Соединенного Королевства «Проект зеленой экономики» [Barbier, Markandya, Pearce, 1990]. В 2008 г. этот термин возродился. В контексте финансового кризиса и проблем глобальной рецессии ЮНЕП отстаивала идею «пакетов зеленых стимулов» и определила конкретные области, в которых крупномасштабные государственные инвестиции могли бы начать «зеленую экономику» [Аткиссон, 2012].

В основе теории «зеленой экономики» лежат три ключевые предпосылки: невозможно бесконечно расширять сферу влияния в ограниченном пространстве; нельзя требовать удовлетворения бесконечно растущих потребностей в условиях ограниченности ресурсов; все на поверхности Земли является взаимосвязанным [Смагулова, Муханова, Мусатова, 2015].

Концепция устойчивого развития вышла далеко за рамки экологической составляющей. А. Г. Дементьева и М. И. Соколова [2018], исследуя связь вопросов социально-этического маркетинга и устойчивого развития крупного бизнеса, пришли к выводу, что развитие крупного бизнеса становится возможным только при условии выработки стратегических программ, нацеленных на достижение запланированных показателей в том числе в экологической деятельности. Внедряются стандарты, содержащие показатели, позволяющие оценить степень ответственности крупного бизнеса. Такие стандарты все чаще содержат индикаторы устойчивого развития [Kanie, Zondervan, Betsill, 2011]. Корпоративные ценности и принципы устойчивого развития должны быть неразрывными. Все чаще говорят о том, что рост капитализации крупного бизнеса возможен только при условии достижения баланса интересов всех участников в отношении экономического, социального и экологического аспектов [Sachs, 2015, p. 443].

В России началом перехода к концепции устойчивого развития можно считать утверждение Указом Президента соответствующего документа, в котором постулируются обязательства страны по переходу к устойчивому развитию [Бобылев, 2017]. В экономической литературе не просто констатируется значимость экологической составляющей, а предпринимаются попытки количественно оценить устойчивое развитие. В частности, С. Бобылев, Н. Зубаревич, С. Соловьева [2015] разработали для России некий индекс устойчивого развития, который агрегирует и позволяет сбалансированно учитывать экономические, социальные и экологические показатели.

В контексте регионального развития все чаще в современной литературе встречаются категории «эколого-экономическая эффективность» или «экоэффективность». Связь регионального развития и эколого-экономической эффективности находится в поле зрения ученых крупных мировых экономик. Интересен результат, полученный учеными при исследовании экономики китайских земель. Проведя глубокий количественный

анализ, они пришли к выводу, что источником роста эффективности землепользования является рост доходов сельского, а не городского населения [Wang et. al., 2018].

Исследование автора не является радикально новым. Новое оно в смысле попытки соотносить экономический рост с экологическими потерями и «нащупать» так называемый допустимый рост без существенных потерь. Можно найти немало исследований, посвященных количественной оценке эколого-экономической эффективности. В настоящее время ученые рассматривают экологическую эффективность как измеритель устойчивого развития. И как правило, этот измеритель отражает некий суммарный эффект от эффективности применяемых ресурсов, биологическую, экологическую и социальную эффективность.

Рассмотрев динамику ресурсной, экологической и биологической эффективности Китая 1978–2016 гг., из всех названных величин эффективности ученые констатировали падение экологической эффективности вплоть до 1990 г. [Yang L., Yang Y., 2019]. Экологическая эффективность представлена U-образной кривой: рост ее наблюдается с 1990 по 2016 г., благодаря чему более быстрым темпом начинает расти общая экoeffективность.

Наряду с категорией «экоэффективность» появилась и категория «экодостаточность». Современные компании должны формировать стратегию экoeffективности и экодостаточности. Только тогда они смогут функционировать в русле концепции устойчивого развития. Причем стратегия экодостаточности должна поддерживаться некоммерческими агентами [Heikkurinen, Young, Morgan, 2019].

Швеция является одной из стран, где особое внимание уделяется городскому планированию. Говоря об устойчивом развитии, представители шведской науки пошли дальше – в модель современного города вписали и концепцию устойчивого развития, и концепцию управления знаниями [Shahraki, 2019].

В заключение обзора исследований в области устойчивого развития можно смело утверждать, что их великое множество. Это исследования, которые не ограничиваются изучением лишь вредных выбросов. Это исследования и эффективного землепользования, и энергосбережения, и градостроительства, и экономики знаний, и финансовой, биологической, социальной и экологической эффективности. Это исследования, которые оперируют множеством терминов: eco-efficient, eco-efficiency indicator, efficiency measurement, energy efficiency, industrial ecology, sustainable, sustainability, sustainable management, sustainable performance, sustainable indicator [Caiado, Dias, Mattos etc., 2017].

Методологические аспекты эколого-экономической эффективности

Экономический рост и экологическая эффективность находятся в противоречии. Это ключевая идея автора. Предлагаем две группы показателей: одна иллюстрирует экономический рост, вторая – экологическую эффективность. На рис. 1 изображена связь исследуемых показателей.

Для определения количественной связи между экономическим ростом и экологической эффективностью можно использовать коэффициент корреляции. Если говорить о функциональной зависимости, то автор предлагает экономический рост E_1 (темп роста ВРП) рассматривать как некую функцию, показывающую зависимость от регрессоров/факторов. В качестве зависимой переменной, отражающей экономический рост, предлагаем использовать темп роста валового регионального продукта (ВРП):

$$E_1 = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, etc.), \quad (1)$$

где $X_1 \dots X_6$ – факторы экономического роста.

Рис. 1. Связь показателей экономического роста и экологической эффективности

Fig. 1. The connection between indicators of economic growth and environmental efficiency

Под экологической эффективностью E_2 предлагаем понимать показатель, обратный темпам роста загрязнений:

$$E_2 = \frac{1}{\text{Темп роста выбросов в атмосферу}}. \quad (2)$$

Экологическую эффективность следует рассматривать шире, чем просто ориентироваться на темпы роста загрязнений. Однако нашей задачей является количественная оценка таковой, поэтому мы введем это упрощение. Кроме того, последствия, которые могут стать результатом экологической эффективности, и отраженные на рис. 1 численность населения, смертность, продолжительность жизни, заболеваемость, также можно представить в виде отдельной математической функции.

Экологическую эффективность E_2 тоже можно представить как функцию, зависящую от ряда факторов:

$$E_2 = f(X_1, X_7, X_8, \text{etc.}), \quad (3)$$

где X_1, X_7, X_8 – факторы экологической эффективности.

В качестве гипотезы предлагаем следующую концепцию. На рис. 2 представлены кривая E_1 – зависимость экономического роста и кривая E_2 – зависимость экологической эффективности от темпов роста промышленного производства. Предположим, что существует некий оптимальный темп роста промышленного производства, который находится на пересечении двух кривых.

Кривая общей эффективности TE показывает сумму кривых E_1 и E_2 . Оптимальный уровень роста промышленного производства i_{opt} в этом случае будет находиться на уровне максимальной суммарной эффективности TE_{max} .

Если регион наращивает темпы промышленного производства сверх оптимального размера, то это приводит к снижению экологической эффективности. Допустим, что экономический рост сверх оптимального уровня возможен, но только при условии дополнительного инвестирования в экотехнологии. Можно предположить, что эластичность кривой E_2 зависит именно от инвестиций в экотехнологии. Уровень экологической эффективности будет снижаться меньшим темпом в условиях эффективно действующих экотехнологий.

На рис. 3 показано изменение угла наклона кривой E_2 , обусловленное изменением эластичности, что приведет к росту оптимального индекса i_{opt} .

Идея, представленная на рис. 2 и 3, отражает однофакторную концепцию, в то время как функции в формулах (1) и (3) являются многофакторными. Тем не менее, если ввести в модель предпосылку о том, что темпы роста ВРП и экологической эффективности максимально коррелируют именно с темпом роста промышленного производства, то графики на рис. 2 и 3 в большей мере будут отражать сложившуюся в регионе реальность.

Методика оценки экономико-экологической эффективности

Методика оценки оперирует показателями, приведенными на рис. 1, и предполагает применение следующего инструментария:

1. Корреляционный анализ – расчет коэффициента парной корреляции показателей (рис. 1). На начальном этапе он позволит определить наличие или отсутствие связи между исследуемыми величинами, а также тесноту связи.
2. Регрессионный анализ – построение функциональных зависимостей, предложенных в формулах (1) и (3).

Рис. 2. Зависимость экономического роста (E_1) и экологической эффективности (E_2) от темпов роста промышленного производства (i)

Fig. 2. Dependence of the economic growth (E_1) and environmental efficiency (E_2) on growth rates of industrial production (i)

Рис. 3. Изменение оптимального темпа роста промышленного производства (i_{opt}) в результате изменения эластичности экологической эффективности (E_2)

Fig. 3. Changes in the optimum growth rate of industrial production (i_{opt}) as a result of changes in the elasticity of environmental efficiency (E_2)

Эмпирические исследования позволили определить, что функциональная зависимость вида (4) наилучшим образом описывает исходные данные, фигурируемые в качестве переменных в зависимости (1):

$$E_1 = A \cdot X_1^\alpha \cdot X_2^\beta \cdot X_3^\gamma \cdot X_4^\delta \cdot X_5^\lambda, \quad (4)$$

где E_1 – темп роста номинального ВРП (в текущих ценах); X_1 – темп роста промышленного производства; X_2 – темп роста численности рабочей силы; X_3 – темп роста инвестиций в основной капитал; X_4 – темп роста среднедушевых денежных доходов населения; X_5 – темп роста затрат на технологические инновации; $A, \alpha, \beta, \gamma, \delta, \lambda$ – параметры функции.

Функция (1), наряду с пятью факторами, в качестве шестого предполагала темп роста банковских кредитов, направленных на инвестиции в основной капитал. Тем не менее было принято решение исключить этот фактор из функции по двум причинам. Во-первых, ранее автор неоднократно проводил количественные исследования факторов экономического роста региона [Бархатов, Бенц, 2018], и ни одно исследование не показало высокой эластичности экономического роста в отношении прироста банковских кредитов, направленных на инвестиции в основной капитал. Во-вторых, статистика по банковским кредитам доступна лишь с 2002 г., в то время как статистика по всем остальным пяти факторам доступна за более длительный период – с 1996 г. Для роста качества модели необходима максимально расширенная выборка.

Функцию (3) будем строить следующим образом:

$$E_2 = A \cdot X_1^\varepsilon \cdot X_7^\varphi \cdot X_8^\mu, \quad (5)$$

где E_2 – экологическая эффективность (величина, обратная темпу роста загрязняющих выбросов в атмосферу); X_1 – темп роста промышленного производства; X_7 – темп роста текущих затрат на охрану окружающей среды; X_8 – темп роста инвестиций в основной капитал, направленных на охрану окружающей среды; $A, \varepsilon, \varphi, \mu$ – параметры функции.

Графическое моделирование предполагает построение двух графических моделей – E_1 и E_2 (см. рис. 2). Обе модели являются однофакторными (с целью построения графиков на плоскости). Функция E_1 показывает зависимость темпов роста валового регионального продукта от темпов роста промышленного производства X_1 , функция E_2 – зависимость экологической эффективности от темпов роста промышленного производства.

Построение двух графиков позволит найти некий оптимальный темп роста промышленного производства i_{opt} . Каждый график описывает некую функциональную зависимость. Найти заявленный оптимум можно, если приравнять две полученные функции. Гипотеза автора следующая: если темпы роста региона превышают некий оптимум, то это будет означать последующее падение экологической эффективности даже при дальнейшем росте ВРП.

Эмпирические результаты исследования

Исходными данными для оценки стали годовые значения показателей, характеризующих Уральский федеральный округ и публикуемых Росстатом и ООО «Первое независимое рейтинговое агентство» (FIRA.RU). Переменные $E_1, E_2, X_1, X_2, X_3, X_4, X_5$ доступны в ежегодных сборниках «Регионы России», переменные X_7, X_8 – в базе данных FIRA.RU. Временной диапазон составил период с 1996 по 2016 г., выборка – 21 наблюдение.

Расчет коэффициентов корреляции между темпом роста валового регионального продукта E_1 и темпом роста промышленного производства X_1 , темпом роста численности рабочей силы X_2 , темпом роста инвестиций в основной капитал X_3 , темпом роста

доходов на душу населения X_3 , темпом роста затрат на технологические инновации X_5 дал следующие результаты (табл. 1). Выборкой для анализа стали указанные величины за период 1996–2016 гг.

Таблица 1. Корреляционный анализ темпов роста номинального и реального ВРП Уральского региона и темпов роста факторов производства

Table 1. Correlation between growth rates of nominal and real GRP of the Ural region and growth rates of factors

Фактор роста ВРП	Значение коэффициента корреляции	
	Темп роста номинального ВРП	Темп роста реального ВРП
Темп роста промышленного производства (X_1)	0,47	0,32
Темп роста численности рабочей силы (X_2)	0,55	0,38
Темп роста инвестиций в основной капитал (X_3)	0,77	0,37
Темп роста среднедушевых денежных доходов населения (X_4)	0,87	0,39
Темп роста затрат на технологические инновации (X_5)	0,25	-0,25

Источник: рассчитано автором по данным Росстата. URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2018/region/reg-pok18.pdf

Из табл. 1 видно, что самые высокие значения коэффициента корреляции характерны для связей «темп роста среднедушевых денежных доходов населения – темп роста номинального ВРП» и «темп роста затрат на технологические инновации – темп роста номинального ВРП». Из этого следует, что ключевые факторы, «толкающие» регион к росту, это были и есть доходы населения, т. е. платежеспособный спрос, и инвестиции в основной капитал.

В дальнейшем будем анализировать темпы роста номинального ВРП, так как они дали наиболее высокие значения корреляции. С одной стороны, исследовать реальный рост – это наиболее правильное решение. С другой стороны, объектом исследования выступают не абсолютные величины, а темпы роста, что нивелирует ценовой фактор (фактор некой инерции). Все остальные величины, за исключением выбросов загрязнений в атмосферу, измеряются в денежных единицах в текущих ценах, поэтому исследуются соизмеримые величины – темпы роста номинальных значений.

Расчет коэффициентов корреляции между темпом роста выбросов в атмосферу, темпом роста промышленного производства X_1 , темпом роста текущих затрат на охрану окружающей среды X_7 и темпом роста инвестиций в основной капитал, направленных на охрану окружающей среды X_8 , дал результаты, приведенные в табл. 2. Корреляция между темпом роста выбросов в атмосферу и темпом роста промышленного производства рассчитана по данным 1996–2016 гг. Выборка по остальным показателям составила временной диапазон 2005–2016 гг.

Корреляционный анализ позволяет сделать интересный вывод: не так уж тесно связаны темпы роста загрязнений с темпами роста промышленного производства. Можно утверждать, что не только промышленность как таковая является ключевым источником загрязнений. С другой стороны, можно предположить, что не факт роста промышленного производства, а факт его существования может быть ключевой причиной увеличения загрязнений. Год от года производственные фонды устаревают, на смену должны приходить новые экологически эффективные, энергоэффективные технологии. Однако внедрение таковых идет медленно.

Таблица 2. Корреляционный анализ темпов роста вредных выбросов в атмосферу, текущих затрат на охрану окружающей среды и инвестиций, направленных на охрану окружающей среды (Уральский регион)

Table 2. Correlation analysis of growth rates of harmful emissions in the atmosphere, current expenditures on environmental protection, and investments directed to environmental protection (a case of the Ural region)

Темп роста	Значение коэффициента корреляции между темпом роста вредных выбросов в атмосферу и соответствующим показателем
Валового регионального продукта E_1	0,51
Промышленного производства X_1	0,60
Текущих затрат на охрану окружающей среды X_7	0,62
Инвестиций, направленных на охрану окружающей среды, X_8	-0,13
Затрат на технологические инновации X_5	0,25

Источник: рассчитано автором по данным Росстата. URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2018/region/reg-pok18.pdf) и первого Независимого рейтингового агентства FIRA PRO. URL: <https://pro.fira.ru/search/index.html#company>)

Для построения функции вида (4) использовался прием линеаризации модели с применением натуральных логарифмов, что позволило построить промежуточную линейную функцию. Deskриптивная статистика наблюдаемых переменных для построения множественной линейной функции показана в табл. 3.

Таблица 3. Deskриптивная статистика наблюдаемых переменных для построения функции вида $\ln(E_1) = \ln(A) + \alpha \ln(X_1) + \beta \ln(X_2) + \gamma \ln(X_3) + \delta \ln(X_4) + \lambda \ln(X_5)$

Table 3. Descriptive statistics of the variables for creation of the function

$$\ln(E_1) = \ln(A) + \alpha \ln(X_1) + \beta \ln(X_2) + \gamma \ln(X_3) + \delta \ln(X_4) + \lambda \ln(X_5)$$

Переменная	Количество наблюдений	Среднее значение	Стандартная ошибка	Значение	
				минимальное	максимальное
Натуральный логарифм темпа роста ВРП	21	0,1707	0,0284*	-0,1083	0,5073
Натуральный логарифм темпа роста промышленного производства	21	0,0241	0,3863	-0,0954	0,0980
Натуральный логарифм темпа роста численности рабочей силы	21	0,0010	0,9946	-0,0279	0,0543
Натуральный логарифм темпа роста инвестиций в основной капитал	21	0,1782	0,1230	-0,2495	0,7747
Натуральный логарифм темпа роста	21	0,1793	0,2079	-0,0134	0,4929
Натуральный логарифм темпа роста	21	-0,0618	0,0086	-7,0734	2,4006

Примечание: *стандартная ошибка свободного члена (Y-пересечение)

Регрессионный анализ – построение функции (4) – позволил получить модель следующего вида:

$$E_1 = 1,028 \cdot X_1^{0,878} \cdot X_2^{1,529} \cdot X_3^{0,206} \cdot X_4^{0,461} \cdot X_5^{-0,013}. \quad (6)$$

Нормированный коэффициент детерминации составил 0,79. F-статистика отвергает гипотезу о незначимости полученного уравнения. В соответствии с t-статистикой значимыми получились степени α и δ ($\alpha=0,878$; $\delta=0,461$). При этом воздействие темпа роста промышленного производства X_1 на рост валового регионального продукта E_1 оказывается в два раза сильнее воздействия денежных доходов населения X_4 . Самой высокой эластичностью обладает темп роста рабочей силы в регионе ($\beta=1,529$), но соответствующий параметр уравнения оказался незначимым, что не дает нам права сделать столь однозначный вывод.

Аналогично для построения функции вида (5) применялся метод линеаризации модели с целью построения множественной линейной регрессии. Deskриптивная статистика наблюдаемых переменных для построения линейной функции показана в табл. 4.

Построение функции вида (5) дало следующий результат:

$$E_2 = 1,109 \cdot X_1^{0,374} \cdot X_7^{1,203} \cdot X_8^{-0,048}. \quad (7)$$

Несмотря на значимость полученного уравнения (в соответствии с F-статистикой), все степени уравнения ε , φ , μ оказались незначимыми (в соответствии с t-статистикой), только параметр $A = 1,109$ оказался значимым.

Если отвлечься от незначимости полученных степеней, то наибольшей эластичностью обладает фактор «темп роста текущих затрат на охрану окружающей среды». Чем

Таблица 4. Deskриптивная статистика наблюдаемых переменных для построения функции вида $\ln(E_2) = \ln(A) + \varepsilon \ln(X_1) + \varphi \ln(X_7) + \mu \ln(X_8)$

Table 4. Descriptive statistics of the variables for creation the function

$$\ln(E_2) = \ln(A) + \varepsilon \ln(X_1) + \varphi \ln(X_7) + \mu \ln(X_8)$$

Переменная	Количество наблюдений	Среднее значение	Стандартная ошибка	Значение	
				минимальное	максимальное
Натуральный логарифм величины, обратной темпу роста выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников	21	0,1193	0,0249*	-0,1083	0,3245
Натуральный логарифм темпа роста промышленного производства	21	0,0227	0,2159	-0,3080	0,2571
Натуральный логарифм темпа роста текущих затрат на охрану окружающей среды	21	0,0088	0,6377	-0,0954	0,0649
Натуральный логарифм темпа роста инвестиций в основной капитал, направленных на охрану окружающей среды	21	0,0596	0,2378	-0,1507	0,2056
Натуральный логарифм темпа роста	21	0,1793	0,2079	-0,0134	0,4929
Натуральный логарифм темпа роста	21	-0,0618	0,0086	-7,0734	2,4006

Примечание: *стандартная ошибка свободного члена (Y-пересечение)

выше темп роста таких затрат, тем выше величина E_2 . Величина E_2 является обратной по отношению к темпам роста загрязняющих выбросов в атмосферу. Напрашивается очевидный вывод: чем выше темп роста текущих затрат на охрану окружающей среды, тем ниже темп роста загрязнений. Куда меньшая эластичность характерна для степени $\varepsilon = 0,378$, что говорит о меньшей связи темпов роста промышленного производства и темпов роста выбросов в атмосферу. В этом смысле и корреляционный анализ дал значение коэффициента корреляции лишь 0,6 (табл. 2). Минимальная связь характерна для степени $\mu = -0,048$, причем отрицательный знак характерен для зависимости величины, обратной темпам роста выбросов в атмосферу, от темпов роста инвестиций, направленных на охрану окружающей среды. А значит, связь между прямыми величинами будет положительной, но тем не менее незначительной, что говорит об отложенном эффекте таких инвестиций.

Следующий этап анализа предполагает построение графиков, представленных на рис. 2. График, отражающий функциональную зависимость темпов роста валового продукта от темпов роста промышленного производства (назовем его график экономической эффективности E_1) показан на рис. 4. Уравнение, наилучшим образом описывающее исходные данные, имеет вид линейной функции (рис. 4).

Рис. 4. Графическое моделирование функции экономической эффективности E_1
Fig. 4. Modeling of economic efficiency function E_1

На рис. 5 показан график экологической эффективности E_2 , величина которой E_2 была рассчитана по формуле (2).

Рис. 5. Графическое моделирование функции экологической эффективности E_2
Fig. 5. Modeling of environmental efficiency function E_2

Эмпирическим путем мы получили два уравнения. Уравнение экономической эффективности имеет следующий вид:

$$y = 1,9296x - 0,7801, \quad (8)$$

где y – темп роста валового регионального продукта; x – темп роста промышленного производства.

Уравнение экологической эффективности имеет следующий вид:

$$y = 0,4248x + 1,4463, \quad (9)$$

где y – темп роста величины, обратной темпу роста вредных выбросов в атмосферу; x – темп роста промышленного производства.

Уравнения (8), (9) были построены на базе временной выборки за 1996–2016 гг.

Приравняв уравнения (8) и (9), найдем оптимальный объем темпов роста промышленного производства:

$$1,9296x - 0,7801 = 1,9296x - 0,7801; x = 0,95. \quad (10)$$

Полученное значение меньше единицы говорит не о росте промышленного производства, а о его снижении. Иными словами, если падение ежегодно (при прочих равных условиях) будет составлять величину 5 %, то это позволит не усугублять экологическую составляющую.

Заключение

Проведенное исследование позволит сделать ряд выводов. В качестве показателя экономического роста автор взял темп роста номинального валового регионального продукта. Говоря об источниках экономического роста, следует отметить, что несколько отличающиеся результаты дали корреляционный и регрессионный анализы.

Корреляционный анализ показал два ключевых источника: душевой доход населения и инвестиции в основной капитал. Именно между темпами экономического роста региона и темпами роста двух указанных величин была обнаружена наиболее тесная связь.

Регрессионный анализ предполагал построение нелинейной множественной регрессии, которая обнаружила три самых высокоэластичных параметра, определяющих влияние на темпы роста ВРП Уральского региона: темпы роста рабочей силы; темпы роста промышленного производства; темпы роста среднедушевых доходов населения.

В качестве показателя экологической эффективности автором было принято решение взять величину, обратную темпам роста выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников. Это было обусловлено целями графического моделирования – для получения кривой с отрицательным наклоном, для возможности приравнять две полученные кривые (экономической и экологической эффективности) и найти оптимальный темп роста промышленного производства. Корреляционный анализ экологической эффективности выявил наличие умеренной связи таковой с темпами роста затрат на охрану окружающей среды и с темпами роста промышленного производства. Темп роста валового регионального продукта не так тесно связан с темпами роста выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, что говорит о «неисчерпанности» возможностей дальнейшего экономического роста без нанесения вреда атмосферному воздуху.

Регрессионный анализ показал наибольшую эластичность воздействия на экологическую эффективность лишь текущих затрат на охрану окружающей среды. Капитальные затраты (инвестиции в основной капитал), направленные на охрану окружающей среды, большого воздействия на рост экологической эффективности не оказывают.

И наконец, графическое моделирование позволило определить оптимальный темп роста промышленного производства, величина которого составила 0,95. Здесь стоит задуматься: а можно ли дальше закрывать глаза на экологические проблемы Уральского

региона. При условии такого темпа роста промышленного производства темп роста выбросов составит 0,96. Эту величину можно получить из уравнения (9). С другой стороны, при сохранении прежнего темпа загрязнений можно наращивать темпы промышленного производства в три–четыре раза, но задачей региона является не сохранение темпов выбросов, а снижение их, причем существенное. Следовательно, необходимо постепенно внедрять новые, более совершенные в экологическом плане технологии. Несмотря на сложную экологическую обстановку, многие даже самые неблагоприятные в экологическом смысле регионы имеют положительный опыт переработки отходов [Бархатов, Добровольский, Капкаев, 2015a, 2015b, 2017], поэтому можно утверждать, что устойчивое развитие в России возможно.

Источники

- Аткиссон А. (2012). Как устойчивое развитие может изменить мир. М.: Бином. Лаб. знаний. 455 с.
- Бархатов В. И., Бенц Д. С. (2018). Источники роста промышленного региона в Уральском федеральном округе // Вестник Челябинского государственного университета. № 3 (413). С. 19–29.
- Бархатов В. И., Добровольский И. П., Капкаев Ю. Ш. (2015a). Рациональное использование природных ресурсов Челябинской области: монография: в 2 ч. Ч1. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та. 282 с.
- Бархатов В. И., Добровольский И. П., Капкаев Ю. Ш. (2015b). Рациональное использование природных ресурсов Челябинской области: монография: в 2 ч. Ч2. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та. 265 с.
- Бархатов В. И., Добровольский И. П., Капкаев Ю. Ш. (2017). Отходы производств и потребления – резерв строительных материалов: монография. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та. 477 с.
- Бенц Д. С., Капкаев Ю. Ш. (2018). Устойчивое развитие региона: эколого-экономические аспекты // Научная парадигма цивилизации в XXI веке: капитализм, социализм и четвертая технологическая революция: сб. докл. Десятого междунар. конгресса передовых наук: Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та. 101 с.
- Бобылев С. (2017). Устойчивое развитие: парадигма для будущего // МЭиМО. Т. 61, № 3. С. 107–113.
- Бобылев С., Зубаревич Н., Соловьева С. (2015). Вызовы кризиса: как измерять устойчивость развития? // Вопросы экономики. №1. С. 147–160.
- Дементьева А. Г., Соколова М. И. (2018). Концепция устойчивого развития и социально-этический маркетинг // Известия Уральского государственного экономического университета. Т. 19, № 5. С. 5–15. DOI: 10.29141/2073-10192018-19-5-1.
- Медоуз Д. Х., Медоуз Д. А., Рэндерс Й., Беренс В. В. (1991). Пределы роста. М.: МГУ. 207 с.
- Моисеев Н. Н. (2013). Ноосфера Вернадского и принцип коэволюции // Вестник экологического образования в России. Т. 1, № 67. С. 4–7.
- Смагулова Ж. Б., Муханова А. Е., Мусаева Г. И. (2015). Анализ мирового опыта перехода к зеленой экономике: предпосылки и направления // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. № 1-1. С. 92–96.
- Ananda J., Hampf B. (2015). Measuring environmentally sensitive productivity growth: An application to the urban water sector. *Ecological Economics*, vol. 116, pp. 211–219. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.04.025>.
- Barbier E. B., Markandya A., Pearce D. W. (1990). Environmental sustainability and cost-benefit analysis. *Environment and Planning*, no. 22, pp. 1259–1266. DOI: 10.1068/a221259.
- Brown J., Burnside W., Davidson A., DeLong J., Dunn W., Hamilton M., ... Zuo W. (2011). Energetic limits to economic growth. *Bioscience*, vol. 61, no. 1, pp. 19–26. DOI: 10.1525/bio.2011.61.1.7.
- Caiado R., Dias R., Mattos L., Quelhas O., Filho W. (2017). Towards sustainable development through the perspective of eco-efficiency – A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, vol. 165, pp. 890–904. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.166>.

- Daly H., Farley J. (2004). *Ecological economics: Principles and applications*. Washington, DC: Island Press. 484 p.
- Dasgupta A., Dasgupta P. (2017). Socially embedded preferences, environmental externalities, and reproductive rights. *Population and Development Review*, no. 43 (3), pp. 405–441. DOI: 10.1111/padr.12090.
- Dasgupta P., Southerton D., Ulph A., Ulph, D. (2016). Consumer behaviour with environmental and social externalities: Implications for analysis and policy. *Environmental and Resource Economics*, vol. 65, no. 1, pp. 191–226. DOI: 10.1007/s10640-015-9911-3.
- Egelston A. (2013). *Sustainable development: A history*. N.Y.; L.: Springer. 118 p.
- Heikkurinen P., Young W., Morgan E. (2019). Business for sustainable change: Extending eco-efficiency and eco-sufficiency strategies to consumers. *Journal of Cleaner Production*, vol. 218, pp. 656–664. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.053>.
- Kanie N., Zondervan R., Betsill M. (2011). *New visions of sustainable development governance*. United Nation University. Available at: <https://unu.edu/publications/articles/new-visions-of-sustainable-development-governance.html>
- Sachs J. D. (2015). *The age of sustainable development*. Columbia University Press. 544 p.
- Shahraki A. A. (2019). *Sustainable regional development through knowledge networks: Review of case studies*. Frontiers of Architectural Research. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.04.004>.
- Wang Zh., Chen J., Zheng W., Deng X. (2018). Dynamics of land use efficiency with ecological inter-correlation in regional development. *Landscape and Urban Planning*, vol. 177, pp. 303–316. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.09.022>
- Weinstein M. P., Turner E. R., Ibáñez C. (2013). The global sustainability transition: It is more than changing light bulbs. *Sustainability: Science, Practice, & Policy*, vol. 9, pp. 4–15.
- Weinstein M. P., Litvin S. Y., Krebs J. M. (2014). Restoration ecology: Ecological fidelity, restoration metrics, and a systems perspective. *Ecological Engineering*, no. 65, pp. 71–87.
- Yang L., Yang Y. (2019). Evaluation of eco-efficiency in China from 1978 to 2016: Based on a modified ecological footprint model. *Science of the Total Environment*, vol. 662, pp. 581–590. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.225>.

Информация об авторе

Бенц Дарья Сергеевна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики отраслей и рынков Челябинского государственного университета; 454001, РФ, г. Челябинск, ул. Братьев Кашириных, 129
Контактный телефон: +7 (351) 799-71-46, e-mail: benz@csu.ru

...

Daria S. Benz Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia

Modelling of environmental and economic efficiency: A case of the Ural region

Abstract. The race for economic growth has its price, and regrettably, leads to negative ecological consequences. A recent economic slowdown in the Ural region also has been accompanied with some serious environmental problems. Against such a background, the paper attempts to identify the growth rates of industrial production that comply with the concept of environmental

and economic efficiency. The methodological basis of the research is the new classical economics according to which the economic growth can be described using the production function reflecting the dependence of the output sold on the production factors involved. For the purposes of the research, the author expands the number of variables and supplements labour and capital, the classical independent variables, with industrial output, average per capita income, and expenditures on technological innovations. According to the findings of the correlation analysis, the strongest correlation is between the growth rates of gross regional product and the growth rates of average per capita income and investments into fixed capital. Additionally, the findings reveal a moderate correlation between the growth rates of the emission of pollutants into the atmosphere and the growth rates of industrial production and the growth of the current expenditures on environmental protection. The author constructs four regressions. Two models represent multiple nonlinear regression; another two show pair linear dependence. The first model reflects the dependence of economic growth rates on the factors mentioned above. The second regression, also being a multiple nonlinear one, shows the dependence of growth rates of harmful emissions into the atmosphere on three factors: growth rates of industrial production, current and capital expenditures on environmental protection. In the pair linear regressions, the independent variable is the growth rates of industrial production. The dependent variables are, in the first case, the growth rates of gross regional product, and in the second case, environmental efficiency coefficient. In line with the findings, the optimum growth rate of industrial production, at which the harmful emissions into the atmosphere can decrease by 4 % equals to 0.95.

Keywords: regional economic growth; regional environmental efficiency; Ural region; concept of environmental and economic efficiency; modeling; correlation analysis; regression analysis.

For citation: Benz D. S. Modelirovanie ekologo-ekonomicheskoy effektivnosti Ural'skogo regiona [Modelling of environmental and economic efficiency: A case of the Ural region]. *Journal of New Economy*, 2019, vol. 20, no. 4, pp. 70–87. DOI: 10.29141/2073-1019-2019-20-4-4

Received May 13, 2019.

References

- Atkisson A. (2012). *Kak ustoychivoe razvitiye mozhnet izmenit' mir* [How sustainable development can change the world]. Moscow: Binom. Laboratoriya znaniy Publ. 455 p. (in Russ.)
- Barkhatov V. I., Benz D. S. (2018). Istochniki rosta promyshlennogo regiona v Ural'skom federal'nom okruge [Sources of economic growth in industrial regions in the Ural Federal District]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of the Chelyabinsk State University*, no. 3 (413), pp. 19–29. (in Russ.)
- Barkhatov V. I., Dobrovolskiy I. P., Kapkaev Yu. Sh. (2015). *Ratsional'noe ispol'zovanie prirodnnykh resursov Chelyabinskoy oblasti. Chast 1* [The rational use of natural resources of the Chelyabinsk oblast. Part 1]. Chelyabinsk: Chelyabinsk State University. 282 p. (in Russ.)
- Barkhatov V. I., Dobrovolskiy I. P., Kapkaev Yu. Sh. (2015). *Ratsional'noe ispol'zovanie prirodnnykh resursov Chelyabinskoy oblasti. Chast 2* [The rational use of natural resources of the Chelyabinsk oblast. Part 2]. Chelyabinsk: Chelyabinsk State University. 265 p. (in Russ.)
- Barkhatov V. I., Dobrovolskiy I. P., Kapkaev Yu. Sh. (2017). *Otkhody proizvodstv i potrebleniya – rezervy stroitel'nykh materialov* [Production and consumption waste as reserves of construction materials]. Chelyabinsk: Chelyabinsk State University. 477 p. (in Russ.)
- Benz D. S., Kapkaev Yu. Sh. (2018). Regional sustainable development: environmental and economic aspects. *Sbornik annotatsii dokladov Desyatogo mezhdunarodnogo kongressa peredovykh nauk "Nauchnaya paradigma tsivilizatsii v XXI veke: kapitalizm, sotsializm i chetvertaya tekhnologicheskaya revolyutsiya"* [Proc. 10th Int. Congress "Scientific Paradigm of Civilization in the 21st Century: Capitalism,

Socialism and the Fourth Technological Revolution”]. Chelyabinsk: Chelyabinsk State University. 101 p. (in Russ.)

Bobylev S. (2017). Ustoychivoe razvitie: paradigma dlya budushchego [Sustainable development: A paradigm for the future]. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya = World Economy and International Relations*, vol. 61, no. 3, pp. 107–113. (in Russ.)

Bobylev S., Zubarevich N., Solovyeva S. (2015). Vyzovy krizisa: kak izmeryat' ustoychivost' razvitiya? [Crisis challenges: How to measure sustainable development?]. *Voprosy ekonomiki = The Issues of Economics*, no. 1, pp. 147–160. (in Russ.)

Dementyeva A. G., Sokolova M. I. (2018). Kontseptsiya ustoychivogo razvitiya i sotsial'no-eticheskoy marketing [Sustainable development and social-ethical marketing]. *Izvestiya Uralskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta = Journal of the Ural State University of Economics*, 2018, vol. 19, no. 5, pp. 5–15. DOI: 10.29141/2073-10192018-19-5-1. (in Russ.)

Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J., Behrens W. W. (1991). *Predely rosta* [The limits to growth]. Moscow: Moscow State University. 207 p. (in Russ.)

Moiseev N. N. (2013). Noosfera Vernadskogo i printsip koevolutsii [Vernadsky's noosphere concept and the principle of co-evolution]. *Vestnik ekologicheskogo obrazovaniya v Rossii = Bulletin of Environmental Education in Russia*, vol. 1, no. 67, pp. 4–7. (in Russ.)

Smagulova Zh. B., Mukhanova A. E., Musaeva G. I. (2015). Analiz mirovogo opyta perekhoda k zelenoy ekonomike: predposylki i napravleniya [Analysis of the world experience in the transition to a green economy: Prerequisites and directions]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy = International Journal of Applied and Fundamental Research*, no. 1-1, pp. 92–96. (in Russ.)

Ananda J., Hampf B. (2015). Measuring environmentally sensitive productivity growth: An application to the urban water sector. *Ecological Economics*, vol. 116, pp. 211–219. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.04.025>.

Barbier E. B., Markandya A., Pearce D. W. (1990). Environmental sustainability and cost-benefit analysis. *Environment and Planning*, no. 22, pp. 1259–1266. DOI: 10.1068/a221259.

Brown J., Burnside W., Davidson A., DeLong J., Dunn W., Hamilton M., ... Zuo W. (2011). Energetic limits to economic growth. *Bioscience*, vol. 61, no. 1, pp. 19–26. DOI: 10.1525/bio.2011.61.1.7.

Caiado R., Dias R., Mattos L., Quelhas O., Filho W. (2017). Towards sustainable development through the perspective of eco-efficiency – A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, vol. 165, pp. 890–904. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.166>.

Daly H., Farley J. (2004). *Ecological economics: Principles and applications*. Washington, DC: Island Press. 484 p.

Dasgupta A., Dasgupta P. (2017). Socially embedded preferences, environmental externalities, and reproductive rights. *Population and Development Review*, no. 43 (3), pp. 405–441. DOI: 10.1111/padr.12090.

Dasgupta P., Southerton D., Ulph A., Ulph, D. (2016). Consumer behaviour with environmental and social externalities: Implications for analysis and policy. *Environmental and Resource Economics*, vol. 65, no. 1, pp. 191–226. DOI: 10.1007/s10640-015-9911-3.

Egelston A. (2013). *Sustainable development: A history*. N.Y.; L.: Springer. 118 p.

Heikkurinen P., Young W., Morgan E. (2019). Business for sustainable change: Extending eco-efficiency and eco-sufficiency strategies to consumers. *Journal of Cleaner Production*, vol. 218, pp. 656–664. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.053>.

Kanie N., Zondervan R., Betsill M. (2011). *New visions of sustainable development governance*. United Nation University. Available at: <https://unu.edu/publications/articles/new-visions-of-sustainable-development-governance.html>

Sachs J. D. (2015). *The age of sustainable development*. Columbia University Press. 544 p.

Shahraki A. A. (2019). *Sustainable regional development through knowledge networks: Review of case studies*. Frontiers of Architectural Research. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.04.004>.

Wang Zh., Chen J., Zheng W., Deng X. (2018). Dynamics of land use efficiency with ecological inter-correlation in regional development. *Landscape and Urban Planning*, vol. 177, pp. 303–316. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.09.022>.

Weinstein M. P., Turner E. R., Ibáñez C. (2013). The global sustainability transition: It is more than changing light bulbs. *Sustainability: Science, Practice, & Policy*, vol. 9, pp. 4–15.

Weinstein M. P., Litvin S. Y., Krebs J. M. (2014). Restoration ecology: Ecological fidelity, restoration metrics, and a systems perspective. *Ecological Engineering*, no. 65, pp. 71–87.

Yang L., Yang Y. (2019). Evaluation of eco-efficiency in China from 1978 to 2016: Based on a modified ecological footprint model. *Science of the Total Environment*, vol. 662, pp. 581–590. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.225>.

Information about the author

Daria S. Benz, Cand. Sc. (Econ.), Associate Prof. of Industries and Markets Dept., Chelyabinsk State University, 129 Brat'yev Kashirinykh St., Chelyabinsk, 454001, Russia
Phone: +7 (351) 799-71-46, e-mail: benz@csu.ru

© Бенц Д. С., 2019