

## РАЗДЕЛ III. ЭКОНОМИКО МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

doi 10.17072/1994-9960-2020-3-369-384

УДК 332.14

ББК 65.04

JEL Code Q01, C33

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ  
ВЗАИМОСВЯЗЕЙ КАК СПОСОБ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ  
РЕГИОНОВ РФ****Дмитрий Викторович Шимановский**ORCID ID: [0000-0002-5201-9438](https://orcid.org/0000-0002-5201-9438), Researcher ID: [G-8533-2017](https://orcid.org/G-8533-2017), e-mail: [Dmitry-Shimanovsky@mail.ru](mailto:Dmitry-Shimanovsky@mail.ru)**Елена Андреевна Третьякова**ORCID ID: [0000-0002-9345-1040](https://orcid.org/0000-0002-9345-1040), Researcher ID: [M-7494-2017](https://orcid.org/M-7494-2017), e-mail: [E.A.T.pnrpu@yandex.ru](mailto:E.A.T.pnrpu@yandex.ru)Пермский государственный национальный исследовательский университет  
(614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15)

Существующие на данный момент способы достижения экономического роста вызывают ряд вопросов у сторонников теории устойчивого развития. Суть этой концепции заключается в том, что экономический рост не должен приводить к увеличению загрязнений окружающей среды и росту социальной напряженности в обществе. Нерациональное использование природных ресурсов и недостаточный уровень инвестиций в человеческий капитал ведут к формированию неоптимальной траектории развития различных стран и их территорий. Данная статья посвящена моделированию трех составляющих устойчивого развития субъектов Российской Федерации, определяющих функционирование экономической, социальной и экологической сфер человеческой жизнедеятельности: темп роста ВРП, повышение качества жизни населения, измеряемое индексом социального благополучия, и снижение уровня загрязнений окружающей среды. Цель настоящего исследования – обоснование взаимообратных связей между тремя указанными составляющими устойчивого развития регионов РФ, формирование инструментария прогнозирования и разработки практических рекомендаций. В качестве основного метода исследования выступает методология использования открытых векторных авторегрессий. При этом особое внимание уделено поиску оптимальной величины максимального лага в модели и обоснование причинности по Грейнджеру между эндогенными переменными. Результаты исследования подтверждают, что экономическая, социальная и экологическая сферы человеческой жизнедеятельности связаны друг с другом. Для достижения устойчивого развития регионов РФ, согласно построенной модели, необходимы наращивание инвестиций в человеческий капитал и макроэкономическая стабильность. Предложенный инструментарий может быть применен для прогнозирования изменения экономической, социальной и экологической составляющих устойчивого развития регионов РФ. Его апробация на данных социально-экономического развития Пермского края дает прогнозы хорошего качества с невысоким значением ошибки прогноза. Дальнейшее совершенствование математического инструментария идентификации и прогнозирования социо-эколого-экономических взаимосвязей обеспечит основу для формирования оптимальных траекторий устойчивого развития регионов России и повысит качество разрабатываемых и реализуемых региональных стратегий социально-экономического развития.

*Ключевые слова:* устойчивое развитие, социо-эколого-экономические взаимосвязи, экономический рост, загрязнение окружающей среды, социальное благополучие, региональная экономика, модель векторной авторегрессии, нормированные показатели, сценарное прогнозирование, динамический подход.



**MODELING SOCIAL ECOLOGICAL ECONOMIC RELATIONS  
AS AN ASSESSMENT METHOD FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT  
OF REGIONS IN THE RUSSIAN FEDERATION**

**Dmitriy V. Shimanovsky**

ORCID ID: [0000-0002-5201-9438](https://orcid.org/0000-0002-5201-9438), Researcher ID: [G-8533-2017](https://orcid.org/G-8533-2017), e-mail: [Dmitry-Shimanovsky@mail.ru](mailto:Dmitry-Shimanovsky@mail.ru)

**Elena A. Tretiakova**

ORCID ID: [0000-0002-9345-1040](https://orcid.org/0000-0002-9345-1040), Researcher ID: [M-7494-2017](https://orcid.org/M-7494-2017) e-mail: [E.A.T.pnrpu@yandex.ru](mailto:E.A.T.pnrpu@yandex.ru)

Perm State University (15 Bukirev st., Perm, 614990)

The advocates for the sustainable development theory question current methods applied to achieve the economic growth. This theory states that the economic growth should not increase the environmental pollution and the social tension. The irrational use of natural resources and insufficient investments in the human capital cause an inadequate development path for various countries and their territories. This article models three components for sustainable development of the RF constituent entities which shape the economic, social, and environmental areas of human life: GRP growth, better living standards evaluated against social wellbeing coefficient, and pollution reduction. This study aims to substantiate the reciprocal relationships between three above mentioned components of the sustainable development in the Russian regions and to develop the forecasting tools for further practical recommendations. The methodology of open vector autoregressions is taken to be the main research method. In this case, special attention has been paid to find the optimal maximum lag value in the model and to substantiate the Granger causality between endogenous variables. The results of the study prove that economic, social, and environmental areas of the human activity are interconnected. To achieve the sustainable development for the regional systems under the acquired model, sustainable development in the Russian regions is achieved by investing more into the human capital and macroeconomic stability. These tools could be applied to forecast the changes in the economic, social, and environmental components of the RF regions' sustainable development. The tools have been verified with the data on the social and economic development of Perm region, which gives high quality forecasts with a low forecast error value. Further update of the mathematical tools and forecasting the social ecological and economic connections become the basis for the development of the optimal trajectory for the sustainable development in Russian regions and provide better quality for the developed and implemented regional strategies for the social and economic development.

*Keywords: sustainable development, social ecological and economic connections, economic growth, environment pollution, social wellbeing, regional economy, vector autoregression model, controlled parameters, scenario forecasting, dynamic approach.*

## Введение

**В** настоящее время в экономической науке уделяется все больше внимания теоретическим основам и прикладным аспектам общемировой концепции устойчивого развития, которая предполагает обеспечение сбалансированности развития социальной, экономической и экологической сфер жизни общества. Согласно этой концепции, в противовес сложившейся и реализуемой философии и практике хозяйствования, экономический рост не должен осуществляться в целях получения экономической выгоды лишь ограниченным кругом лиц за счет интенсивной эксплуатации природных и трудовых ресурсов. Развитие должно быть направлено как на рост материального благосостояния людей, так и на обеспечение социальной

справедливости и благоприятной и безопасной среды обитания. Устойчивое развитие предполагает прежде всего повышение качества жизни населения как в стране в целом, так и в каждом из ее регионов.

В нашем исследовании под устойчивым развитием территории мы понимаем динамическую сбалансированность между экономической, экологической и социальной сферами человеческой жизнедеятельности. Данное толкование основывается на определении понятия «баланс», которое в экономической литературе трактуется как «количественное отношение между сторонами какой-либо деятельности, которые должны уравнивать друг друга»<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Васюкова И.А. Словарь иностранных слов. М.: АСТ-ПРЕСС, 1998. С. 98.

Для осуществления мониторинга устойчивого развития с 2015 г. действует система индикаторов ООН, сформированная в разрезе 17 целей устойчивого развития (сменившая систему индикаторов, сформированную ООН ранее в разрезе целей развития тысячелетия). Аналогичное предназначение и у системы индикаторов, предложенной Всемирным банком (включая систему показателей для расчета «истинных сбережений»), и у многочисленных комплексных показателей-индексов, включая индекс развития человеческого потенциала, индекс живой планеты, «экологический след», индекс «счастливой планеты», индекс реального прогресса, индекс устойчивого экономического благосостояния и др.

При этом некоторые ученые концентрируют внимание исключительно на эколого-экономических взаимосвязях. В частности, большое количество работ посвящено исследованию взаимосвязей между динамикой экономических показателей и загрязнением окружающей среды (см., например, [1–3]). Кроме того, большое внимание уделяется проблемам межстранового эколого-экономического влияния [4; 5], исследованию социально-экономических [6; 7] или социально-экологических [8; 9] взаимосвязей.

В то же время немало работ посвящено комплексным социо-эколого-экономическим исследованиям, например изучению внутренних социо-эколого-экономических проблем стран и их территорий (см., например, [10–12]), включая урбанизированные [13], а также международным сравнениям и результатам государственного регулирования [14; 15]. Многие работы посвящены проблеме рационального использования ресурсов и связанной с этим необходимостью изменения модели потребительского поведения – переключения с «максимального» на «достаточное» потребление [16; 17].

Обзор и систематизация данных о применении авторами математического моделирования показали, что большинство моделей опираются на теоретические гипотезы, обосновывающие взаимосвязь экологической, экономической и социальной

сфер жизнедеятельности в долгосрочной перспективе. В большинстве своем они ориентированы на моделирование и прогнозирование отдельных экологических и социальных показателей. В то же время их общим недостатком является субъективность в выборе индикаторов, характеризующих экологическую обстановку и качество жизни населения.

В настоящем исследовании представлена модель, первой отличительной особенностью которой является использование комплексных индексов как для экологической, так и для социальной сфер регионов России. При введении подобных индикаторов мы постарались максимально использовать существующий опыт математического моделирования процессов устойчивого развития стран и территорий и соблюсти баланс между разумным числом показателей и максимально полным охватом всех характеристик исследуемой области.

Вторая особенность настоящего исследования – использование нормированных показателей по субъектам Российской Федерации. Благодаря этой особенности построенная модель позволяет прогнозировать динамику загрязнений окружающей среды, качества жизни населения и экономического роста на два года вперед для каждого из регионов России и сопоставлять её с аналогичными тенденциями на общероссийском уровне.

Третья особенность заключается в использовании модели особого типа – модели векторной авторегрессии (VAR-модели). Данный вид моделей позволяет рассматривать авторегрессионные взаимосвязи между тремя указанными элементами сферы человеческой жизнедеятельности в отличие от предложенных другими авторами математических моделей, которые использовали системы одновременных уравнений и не учитывали данные зависимости.

Далее перейдем к краткому описанию содержания исследования. В первом разделе статьи описаны основные предпосылки экономико-математической модели и определена теоретическая база для ее построения. Во втором разделе описаны показатели, которые были включены в модель и

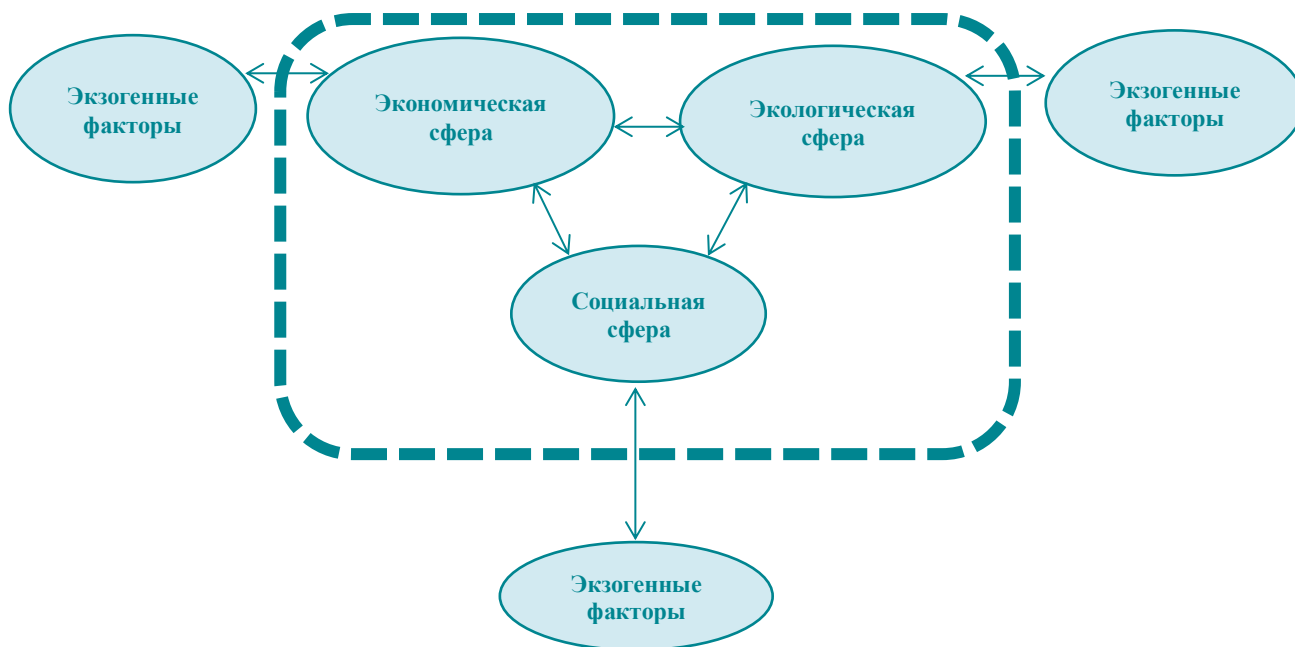
результат оценки неизвестных параметров на основе статистики по ним. В третьем разделе статьи описаны экономические выводы, вытекающие из построенной модели и механизм прогнозирования трех элементов устойчивого развития регионов РФ. В заключение подведены итоги исследования и определены его перспективы.

**Основные предпосылки моделирования социо-эколого-экономических взаимосвязей развития регионов**

Экономическая, социальная и экологическая области деятельности человека неразрывно связаны между собой. Для выбора устойчивой траектории развития мировой цивилизации необходимо соблюдать сбалансированность между тремя указанными сферами. Стремясь максимизировать экономический рост в среднесрочной перспективе (3–5 лет), региональные органы государственного управления не всегда учитывают взаимосвязь экономической, экологической и социальной компонент роста в комплексных программах развития субъектов РФ и отдельных муниципальных образований.

В подтверждение вышеизложенного тезиса можно привести ряд работ отечественных и зарубежных авторов (см. [18; 19]), в которых показано, что экономический рост и рациональное использование природных ресурсов связаны между собой. Несбалансированный экономический рост ведет к истощению природных ресурсов, которое, в свою очередь, приводит к социальным и экономическим проблемам. Кроме того, делая основной упор в экономическом росте на добычу полезных ископаемых, некоторые страны столкнулись с проблемой зависимости макроэкономических показателей от конъюнктуры цен на сырьевых рынках.

Таким образом, первой и основной предпосылкой нашего исследования является предположение о том, что экономическая, экологическая и социальная сферы человеческой деятельности составляют открытую систему, в которой каждая компонента взаимосвязана с остальными составляющими системы. При этом на каждый из ее элементов оказывают воздействие экзогенные факторы (рис.).



Схематическое изображение социо-эколого-экономической системы  
 Diagram of a social, ecological, and economic system

Описав основную предпосылку нашего исследования, необходимо определиться с показателями, которые характеризуют каждый из элементов указанной системы, – экономическим, экологическим и социальным. Учитывая то, что развитие страны определяется развитием ее регионов, выбор показателей осуществлялся в региональном разрезе.

Бесспорно, основным показателем, отражающим объем экономической деятельности региона, является его валовый региональный продукт (далее ВРП). Ввиду этого для отражения динамики экономической сферы нами было принято решение использовать прирост ВРП.

Если рассматривать экологическую сферу, то в настоящее время в отечественной статистике присутствует целый набор показателей, отражающих степень загрязненности окружающей среды. На наш взгляд, основными из них являются объем неутилизированных отходов производства и потребления, объем сброса загрязненных сточных вод и объем выбросов в атмосферу загрязняющих веществ. Ввиду этого нами был введен показатель «суммарный объем загрязнений», вычисляемый по следующей формуле (условно принимая плотность воды равной  $1 \text{ г/см}^3$ ):

$$Z = Z_0 + Z_w + Z_e, \quad (1)$$

где  $Z$  – суммарный объем загрязнений, тыс. тонн;  $Z_0$  – объем неутилизированных отходов производства и потребления, тыс. тонн;  $Z_w$  – объем сброса загрязненных сточных вод, тыс.  $\text{м}^3$ ;  $Z_e$  – объем выбросов в атмосферу загрязняющих веществ, тыс. тонн.

Для характеристики социальной сферы и отражения качества жизни населения нами рассчитывался специальный интегральный индикатор «Индекс социального благополучия» на основе пяти групп показателей, оценивающих состояние здоровья населения; уровень материального благополучия и социальные отношения; возможность самореализации; семейные отношения и духовную сферу; качество и безопасность условий проживания (всего – 15 показателей) [19].

Таким образом, второй предпосылкой модели является предположение, что три указанных элемента социо-эколого-экономической системы можно описать с помощью трех указанных выше показателей.

Теперь определимся с экзогенными факторами, которые указаны на рис. 1. На основе обобщения и систематизации трудов отечественных авторов определены следующие показатели, влияющие на рост ВРП, – темп прироста инвестиций в основной капитал, доля занятых с высшим образованием, индекс потребительских цен в регионе.

Для экологической составляющей выбраны следующие факторы: темп прироста инвестиций в охрану окружающей среды и количество организаций в регионе.

Экзогенными факторами для социальной составляющей выступили показатели, характеризующие негативные последствия проявления социальных проблем, влияющие на уровень социального благополучия населения, такие как количество больных наркоманией и алкоголизмом и количество ВИЧ-инфицированных.

В связи с положениями, описанными выше, третьей предпосылкой нашего исследования является предположение о том, что внешнюю среду социо-эколого-экономической системы региона можно охарактеризовать описанными выше экзогенными факторами.

Описав основные предположения построения моделей, перейдем к результатам экономико-математического моделирования.

#### **Построение модели и сбор статистических данных**

Опираясь на схематическое изображение экономической, экологической и социальной составляющих человеческой жизнедеятельности как открытой системы, для моделирования социо-эколого-экономических взаимосвязей развития регионов выбрана модель открытой векторной авторегрессии с тремя объясняемыми переменными. Выбор типа модели основывается на том, что открытая векторная авторегрессия учитывает взаи-

мосвязи между эндогенными переменными (в нашем случае это элементы системы) и также учитывает влияние экзогенных факторов (в нашем случае это воздействие внешней среды выбранной системы). Данная модель имеет вид  $Y_t = A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + \dots + A_p Y_{t-p} + B_{1,1} X_{1,t} + B_{1,2} X_{2,t-1} + \dots + B_{1,k-1} X_{1,t-k-1} + B_{2,1} X_{2,t} + \dots + B_{7,k-1} X_{7,t-k-1} + \varepsilon_t$ , где  $Y_t = (y_{1,t}, y_{2,t}, y_{3,t})^T$  – вектор эндогенных переменных;  $X_{i,t} = (x_{i,t}, x_{i,t}, x_{i,t})^T$  – вектор одной из экзогенных переменных;  $\varepsilon_t = (\varepsilon_{1,t}, \varepsilon_{2,t}, \varepsilon_{3,t})^T$  – вектор случайных возмущений.

В нашем случае  $y_{1,t}$  – темп прироста ВРП в годовой период  $t$  в реальном выражении (*GRP*);  $y_{2,t}$  – темп прироста суммарного объема загрязнений в годовой период  $t$  (*POL*);  $y_{3,t}$  – индекс социального благополучия в годовой период  $t$  (*ISB*).

Для улучшения качества модели выбран максимально большой объем вы-

борки. Основой для выборки послужили панельные данные по регионам РФ за период с 2005 по 2017 гг., сформированные на основе официальной статистики Росстата. Общий объем выборки составил 814 наблюдений.

При этом все стоимостные показатели были приведены к ценам 2005 г. по формуле:

$$\bar{Y}_{i,t} = \frac{Y_{i,t}}{\prod_{j=1}^t DI_{i,j}}, \quad (3)$$

где  $\bar{Y}_{i,t}$  – стоимостный показатель  $i$ -го региона (ВРП, инвестиции в основной капитал и др.) в ценах базисного года в период времени  $t$ ;  $Y_{i,t}$  – стоимостный показатель  $i$ -го региона (ВРП, инвестиции в основной капитал и др.) в текущих ценах в период времени  $t$ ;  $DI_{i,t}$  – индекс-дефлятор ВРП  $i$ -го региона.

Описание переменных представлено в табл. 1.

Таблица 1. Описание переменных модели (2)

Table 1. Description of variables of the model (2)

Эндогенная переменная	Экзогенная переменная	Обозначение
Темп прироста ВРП в реальном выражении ( <i>GRP</i> )	Темп прироста инвестиций в основной капитал в реальном выражении, %	<i>INV</i>
	Доля занятых с высшим образованием, %	<i>L_HE</i>
	Индекс потребительских цен в данном регионе, %	<i>CPI</i>
Темп прироста суммарного объема загрязнений почвы, воздуха и воды ( <i>POL</i> )	Темп прироста инвестиций в охрану окружающей среды, %	<i>INV_PR</i>
	Количество организаций в регионе, шт.	<i>C_COM</i>
Индекс социального благополучия ( <i>ISB</i> )	Количество лиц, состоящих на учете в наркологических отделениях на 100 тыс. населения, шт.	<i>ALC_H</i>
	Количество лиц, зараженных ВИЧ-инфекцией на 100 тыс. населения, шт.	<i>IN_H</i>

Перед построением регрессионных уравнений все показатели были нормированы по минимаксному методу по следующей формуле:

$$N_i = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}, \quad (4)$$

где  $N_i$  – нормированное значение показателя для  $i$ -го региона;  $X_i$  – значение показателя для  $i$ -го региона;  $X_{\max}$  – максимальное значение показателя среди регионов

России в данный период времени;  $X_{\min}$  – минимальное значение показателя среди регионов России в данный период времени.

Нормирование показателей было произведено ввиду того, что экономический рост, рост загрязнений и качество жизни людей частично определяется институциональными показателями (доля теневого сектора экономики, экологическое законодательство, культура здорового образа жизни), которые с одной стороны

вливают на эндогенные показатели нашей модели для всех регионов, а с другой – плохо формализуемы для эконометрических моделей. Подобный подход был применен Е.Г. Анимицей, Н.В. Новиковой, В.А. Сухих для оценки качества жизни в регионах РФ (см. [20]).

Таким образом, наша система уравнений, описанная в формуле (2), моделирует отклонение траектории развития регионов России от так называемого «эталонного» региона.

Описав процесс сбора и преобразования данных, перейдем к обоснованию спецификаций уравнений. Факторы первого уравнения системы соответствуют классическим экономическим представлениям о производственной функции. Однако вместо капитала берутся инвестиции в основной капитал. Подобный переход был сделан в работе [21]. Связано это с тем, что увеличение капитала происходит за счет инвестиций в основной капитал.

Фактор «труд» заменен на показатель «доля занятых с высшим образованием», так как в современной инновационной экономике, для которой характерна отно-

сительно стабильная численность населения, решающим фактором экономического роста является не количество занятых, а качество кадров [18].

Для второго уравнения системы в качестве одного из факторов был выбран показатель «инвестиции в охрану окружающей среды». Выбор данного фактора был обусловлен в том числе по причине того, что М.Ю. Дьяковым было показано, что инвестиции в охрану окружающей среды и объем выбросов в атмосферу загрязняющих веществ в Камчатском крае имеют коэффициент корреляции, близкий к  $-1$  [22].

Детерминанты третьего уравнения системы являются отражением общего количества девиантных состояний в российском обществе (алкоголизм, наркомания, инфицирование ВИЧ), которые, на наш взгляд, характеризуют уровень остроты проблем в социальной сфере.

Обосновав спецификацию модели, перейдем к описанию процесса её построения. Прежде всего приведем описательные статистики объясняемых переменных за 2006–2016 гг. Данные статистики представлены в табл. 2.

Таблица 2. Описательные статистики объясняемых переменных модели (2)

Table 2. Descriptive statistics for the variables of the model under analysis (2)

Показатель	Среднее	Ст. отклонение	Коэффициент вариации
Нормированный темп прироста ВРП	0,44	0,22	0,50
Нормированный темп прироста загрязнений	0,05	0,13	2,60
Нормированный индекс социального благополучия	0,51	0,21	0,41

Исходя из данных, представленных в табл. 2, можно сделать вывод, что регионы РФ отличаются небольшим разбросом по характеристикам качества жизни, но значительной дифференциацией по динамике загрязнений почвы, воздуха и воды.

Далее необходимо определить величину лага для модели векторной авторегрессии. В табл. 3 приведено соответствие величины лага (лет) и значения информационного критерия Акаике.

Как видно из табл. 3, при величине лага больше 2 лет критерий Акаике уменьшается незначительно. Зато падает объем выборки. Ввиду этого нами было принято решение ограничиться лагом в 2 года.

Таблица 3. Определение максимальной величины лага

Table 3. Maximum lag value

Максимальная величина лага	AIC
Модель без лагов	-2,43
1 год	-8,86
2 года	-9,17
3 года	-9,28

Далее определимся с причинностью по Грейнджеру для каждого набора эндогенных переменных. Проверка причинности по Грейнджеру приведена в табл. 4. Тест на причинность проводился при наличии лага в два года.

Согласно табл. 4 почти все объясняемые переменные по Грейнджеру являются причиной друг для друга. Далее была произведена оценка неизвестных параметров. Результат оценки приведен в табл. 5.

Лаги у экзогенных переменных были взяты с учетом экономических соображений для увеличения коэффициента детерминации соответствующего уравнения.

Таблица 4. Проверка на причинность по Грейнджеру для эндогенных переменных с величиной лага в два года

Table 4. Granger causality for the endogenic variables with a 2-year lag

Объясняемая переменная	Объясняющая переменная	F-статистика	p-значение
GRP	POL	54,63	0,00
POL	GRP	24,73	0,00
ISB	POL	3,69	0,02
POL	ISB	3,41	0,03
ISB	GRP	0,98	0,37
GRP	ISB	12,41	0,00

Таблица 5. Результат оценки неизвестных параметров модели (2)

Table 5. Evaluation of unknown model parameters (2)

Переменная	GRP	POL	ISB
GRP(-1)	-0,04 (0,04)	-0,13*** (0,01)	0,01 (0,01)
GRP(-2)	-0,13*** (0,04)	0,01 (0,01)	-0,005 (0,01)
POL(-1)	0,29*** (0,08)	0,42*** (0,03)	-0,02 (0,02)
POL(-2)	-0,47*** (0,08)	0,36*** (0,03)	-0,05** (0,02)
ISB(-1)	-0,27* (0,12)	-0,01 (0,02)	0,69*** (0,04)
ISB(-2)	0,32** (0,13)	-0,001 (0,03)	0,24** (0,03)
Const	0,37*** (0,05)	0,16*** (0,02)	0,08*** (0,02)
INV	0,29*** (0,04)	0,14*** (0,01)	-0,04*** (0,01)
L_HE(-2)	0,07** (0,02)	-0,21*** (0,01)	0,03** (0,01)
CPI(-1)	0,09** (0,03)	0,01 (0,01)	-0,04*** (0,01)
INV_PR	-0,03* (0,02)	-0,03** (0,01)	0,003 (0,01)
C_COM	-0,06* (0,04)	0,01 (0,02)	-0,04* (0,02)
ALC_H	-0,07* (0,04)	-0,01 (0,01)	-0,04** (0,01)
IN_H	-0,1** (0,05)	-0,01 (0,02)	-0,04** (0,01)
R <sup>2</sup>	0,61	0,76	0,91
Объем выборки	666	666	666

Примечание: в скобках указаны стандартные отклонения соответствующих переменных. Символом «\*» отмечены переменные, значимые на уровне значимости 10%, символом «\*\*» – переменные, значимые на уровне значимости 5%, символом «\*\*\*» – переменные, значимые на уровне значимости 1%.



Как видно из табл. 5, не все переменные являются значимыми, тем не менее гипотеза о взаимосвязи трех эндогенных переменных подтверждается.

Таким образом, нами была построена модель векторной авторегрессии, описывающая взаимосвязи социальной, экономической и экологической сфер жизнедеятельности. Далее перейдем к интерпретации результатов построения модели.

#### **Интерпретация результатов оценки неизвестных параметров и построение инструментария прогнозирования устойчивого развития регионов**

**В** настоящем разделе мы попытались дать экономическую интерпретацию построенной модели. Начнем с описания первого уравнения.

Во-первых, динамика ВРП отрицательно коррелирует с авторегрессионной компонентой второго порядка. Коэффициент при данной переменной значим на уровне значимости 1%. На наш взгляд, данный факт можно связать с теорией делового цикла. Так, в статье [23] отмечается, что деловые циклы в России часто связаны с изменением институциональной среды и внешними шоками. Согласно нашей модели, длительность малого цикла составляет 3–4 года. Так, можно выделить дно рецессии в 2009 г. в связи с мировым финансовым кризисом и пик экономической активности в 2012 г. с переходом к дну рецессии в 2015 г., связанной с шоками внешней среды.

Во-вторых, индекс социального благополучия значимо воздействует на ВРП с лагом в два года. На наш взгляд, данную зависимость можно связать с динамикой качества кадров в отечественной экономике. В статье [24] говорится, что увеличение доли сферы наукоемких услуг (информационные технологии, финансовый сектор, аудиторская деятельность и др.) в структуре численности занятых ведет к повышению требований к качеству кадров. При этом термин «качество кадров» частично включает в себя показатели индекса социального благополучия (уровень образования, здоровый образ жизни,

наличие автомобиля, стабильные семейные отношения и др.). Следовательно, инвестиции в человеческий капитал могут являться хорошим драйвером ускорения экономического развития России.

В-третьих, зависимость экономического роста от инвестиций в основной капитал значима на уровне 1%. В настоящее время популярным является положение о том, что низкая доля инвестиций в основной капитал в структуре ВВП замедляет экономический рост [16]. Ввиду этого высокая значимость указанной зависимости является, на наш взгляд, вполне обоснованной.

В-четвертых, доля занятых с высшим образованием оказывает влияние на ВВП с лагом в 2 года. На наш взгляд, наличие лага может быть связано с освоением выпускниками вузов практических навыков своей профессии и повышением их квалификации до уровня, достаточного для полноценного выполнения своих функций.

В-пятых, индекс потребительских цен положительно влияет на региональный экономический рост. Данный вопрос является дискуссионным для отечественного научного сообщества. Так, С.Ю. Глазьев подверг критике представления монетаристов о положительном влиянии низкой инфляции на экономическое развитие [25]. В подтверждение данной идеи можно привести следующий факт: в период с 2006 по 2008 гг. в России наблюдалась высокая инфляция вместе с ускоренным экономическим ростом, в то же время низкая инфляция в 2017–2018 гг. сопровождалась замедлением темпов экономического роста.

Последним фактором, значимо влияющим на рост ВРП регионов, является заболеваемость ВИЧ-инфекцией. Зависимость отрицательная. На наш взгляд, данный вопрос ещё не до конца изучен. Данный вид заболевания, скорее всего, характерен для людей с низким уровнем целенаправленного, характеризующихся низкой производительностью труда, что может объяснить характер выявленной зависимости.

Перейдем к описанию второго уравнения системы. Динамика загрязнений почвы, воздуха и воды характеризуется значимой авторегрессионной компонентой.

Во-первых, рост ВРП с лагом в один год отрицательно влияет на динамику загрязнений. На наш взгляд, это связано с тем, что отечественные компании в большинстве своем верно прогнозируют финансовые показатели на следующий год и сокращают непроизводственные расходы (в том числе на охрану окружающей среды) уже за год до начала кризиса.

Во-вторых, значительное влияние на уровень загрязнений оказывает динамика инвестиций в основной капитал. Это может быть связано с тем, что они сопровождаются строительными работами, которые способствуют усилению загрязнения окружающей среды.

В-третьих, была выявлена отрицательная взаимосвязь между объемом загрязнений и инвестициями в охрану окружающей среды. Данный факт кажется нам тривиальным.

В-четвертых, доля занятых с высшим образованием отрицательно влияет на объем загрязнений. Это может быть связано с тем, что развитие наукоемких отраслей экономики (информационных технологий, исследовательской деятельности, здравоохранения, образования и др.), требующее высокообразованных специалистов, сопровождается меньшим загрязнением, чем добывающая и обрабатывающая промышленность, которые характеризуются меньшей долей занятых с высшим образованием.

Далее перейдем к интерпретации оценки неизвестных параметров третьего уравнения. Анализ полученных результатов оценивания позволяет сделать несколько выводов.

Во-первых, индекс социального благополучия значимо зависит от авторегрессионной компоненты. Это говорит о том, что процесс относительно стабилен.

Во-вторых, загрязнение окружающей среды отрицательно влияет на индекс социального благополучия. На наш взгляд, это связано с тем, что плохая экологическая обстановка ведет к увеличению заболеваемости, что негативно влияет на характеристики качества жизни населения.

В-третьих, инвестиции в основной капитал отрицательно влияют на исследу-

емый индекс. По нашему мнению, данная зависимость может быть связана с тем, что увеличение доли инвестиций в ВВП ведет к снижению уровня потребления домашних хозяйств (так как источником инвестиций являются их сбережения), что негативно отражается на качестве их жизни в целом.

В-четвертых, доля занятых с высшим образованием положительно воздействует на качество жизни населения. Это может быть связано с тем, что человек, получивший более высокий уровень образования, может более рационально использовать имеющиеся финансовые ресурсы и вести здоровый образ жизни.

В-пятых, ускорение инфляции негативно влияет на качество жизни российских граждан. Это может быть связано с тем, что стабильно низкий рост цен позволяет повысить горизонт планирования доходов и расходов российских граждан, что положительно сказывается на качестве жизни.

В-шестых, распространение социально значимых заболеваний (алкоголизма, наркомании) отрицательно влияет на индекс социального благополучия. Данный факт кажется нам тривиальным.

В целом можно констатировать четыре основных вывода, являющихся результатом построения модели:

1. Экономический рост, загрязнение окружающей среды и качество жизни населения динамически взаимосвязаны между собой и составляют единую социо-эколого-экономическую систему.

2. Рост инвестиций в основной капитал ускоряет экономический рост, но негативно влияет на экологическую обстановку и практически не воздействует на улучшение качества жизни населения.

3. Рост доли занятых с высшим образованием благоприятно воздействует на все три элемента социо-эколого-экономической системы.

4. В современных экономических условиях, сложившихся в России, низкий уровень инфляции замедляет экономический

рост, но положительно влияет на характеристики качества жизни российских граждан.

Экономическая интерпретация результатов оценки неизвестных параметров модели (2) позволяет перейти к описанию механизма прогнозирования трех ее зависимых переменных.

Первым шагом к построению указанного механизма является удаление переменных, не значимых на уровне 5%.

На основе данной модели может быть составлен инструментарий для прогнозирования нормированных значений трех показателей социо-эколого-экономического развития регионов РФ. Нам представляется возможным составление прогнозной оценки на основе трех сценариев социально-экономического развития регионов РФ, составленных в результате анализа статистики за последние 10 лет.

1) Оптимистичный сценарий: рост инвестиций в основной капитал на 5% в год, снижение уровня заболеваемости алкоголизмом и наркоманией на 10% в год и сохранение текущего уровня ВИЧ-инфицированных.

2) Реалистичный сценарий: рост инвестиций в основной капитал на 2% в год, снижение уровня заболеваемости алкоголизмом и наркоманией на 5% в год и увеличение числа ВИЧ-инфицированных на 5% в год.

3) Пессимистичный сценарий: снижение инвестиций в основной капитал на 1% в год, сохранение уровня заболеваемости алкоголизмом и наркоманией на прежнем уровне и увеличение числа ВИЧ-инфицированных на 10% в год.

Практическая реализация данного инструментария требует создания специализированного программного продукта, способного периодически загружать данные в базу данных имеющихся показателей. Однако разработка данного продукта выходит за рамки статьи. Приведем пример прогноза трех исследуемых показателей на 2018–2019 гг. для Пермского края. Вычисления были произведены в *MS Excel*. Результаты вычислений представлены в табл. 6.

Таблица 6. Сценарная прогнозная оценка социально-экономического развития Пермского края на 2018–2019 гг.

Table 6. Scenario forecasting evaluation of the social and economic development for Perm region for 2018–2019

Сценарий	Показатель	2018 г.	2019 г.
Оптимистичный	Нормированное значение роста ВРП	0,64	0,63
	Нормированное значение индекса социального благополучия	0,33	0,37
	Нормированное значение роста загрязнений почвы, воздуха и воды	0,062	0,056
Реалистичный	Нормированное значение роста ВРП	0,61	0,60
	Нормированное значение индекса социального благополучия	0,32	0,36
	Нормированное значение роста загрязнений почвы, воздуха и воды	0,065	0,059
Пессимистичный	Нормированное значение роста ВРП	0,59	0,58
	Нормированное значение индекса социального благополучия	0,31	0,35
	Нормированное значение роста загрязнений почвы, воздуха и воды	0,067	0,061

Следует заметить, что публикация статистики по ВРП осуществляется с лагом приблизительно в 1,5 года после окончания отчетного периода. Следовательно, прогноз на текущий год вполне оправдан и может представлять практическую значимость для органов государственного управления.

Из табл. 6 можно сделать вывод, что положительной стороной текущих тенденций в социально-экономическом развитии Пермского края является высокий экономическим рост, который практически не сопровождается ростом загрязнений. Отрицательной характеристикой текущего развития региона является то, что рост ВРП не приводит к значительному

улучшению качества жизни (что частично связано с относительно высоким уровнем безработицы, низким уровнем потребления белкосодержащих мясопродуктов и относительно высоким уровнем преступности).

Далее мы оценили качество полученного прогноза с помощью вычисления его абсолютной ошибки (MAPE), определяемой по следующей формуле:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|\hat{y}_i - y_i|}{y_i}, \quad (5)$$

Таблица 7. Среднее значение MAPE для 74 регионов России за 2018 г. по прогнозируемым показателям

Table 7. Average MAPE for 74 regions in Russia for 2018 by the forecasted indicators

Показатель	Средняя ошибка прогноза, %
Нормированное значение роста ВРП	8,12
Нормированное значение индекса социального благополучия	7,11
Нормированное значение роста загрязнений почвы, воздуха и воды	5,22

Исходя из данных, представленных в табл. 7, полученный инструментальный прогнозирования дает прогноз хорошего качества, что дает основания применять полученные результаты для формирования траекторий устойчивого развития регионов России.

В заключение отметим, что проведенное исследование создает предпосылки для обеспечения устойчивого развития региональных систем на основе учета взаимобратных связей социальной, экологической и экономической сфер человеческой жизнедеятельности.

#### Заключение

Результаты проведенного исследования демонстрируют, что экономическая, социальная и экологическая сферы жизнедеятельности человека взаимосвязаны между собой. Экономический рост ведет к увеличению загрязнений, что приводит к ухудшению некоторых характеристик качества жизни населения. Следовательно, рост ВРП не может являться главной целью развития общества. Более важной целью является устойчивое развитие субъектов РФ, которое сочетает в себе рост ВРП, повышение качества жизни, а также внедре-

где MAPE – средняя абсолютная процентная ошибка прогноза;  $\hat{y}_i$  – прогнозное значение показателя для  $i$ -го региона;  $y_i$  – фактическое значение показателя для  $i$ -го региона;  $n$  – количество регионов, включенных в модель.

В табл. 7 приведены значения MAPE для трех прогнозируемых показателей за 2018 г.

ние «зеленых» и ресурсосберегающих технологий.

Переходя к описанию способов достижения устойчивого развития регионов РФ, можно подчеркнуть, что результаты исследования показывают наличие следующих закономерностей: ускорение экономического роста путем стимулирования инвестиций в основной капитал ведет к ухудшению экологической обстановки, что может привести к падению уровня жизни населения. В то же время инвестиции в человеческий капитал (увеличение доли занятых с высшим образованием, создание комфортных социальных условий для здорового образа жизни) ведут как к ускорению экономического роста, так и повышению качества жизни населения. Таким образом, главным стимулом к устойчивому развитию регионов России должно стать наращивание инвестиций в человеческий, а не физический капитал.

Резюмируя изложенное, можно констатировать, что рост экономики не всегда ведет к улучшению качества жизни населения, часто сопровождается ростом загрязнений и нерациональным использованием природных ресурсов. Так, анализ статистических показателей за период с 2006 по 2018 гг. демонстрирует, что дан-

ные процессы характерны для некоторых регионов России и нуждаются в пристальном внимании. Например, Магаданская область по среднегодовому росту ВРП занимает за указанный период лишь 59-е ранговое место, в то время как по росту загрязнений – семьдесят второе. Следовательно, при разработке стратегий социально-экономического развития регионов РФ необходимо обеспечить баланс между эко-

номическим ростом, качеством жизни и улучшением экологической обстановки. Решению этой задачи будет способствовать совершенствование математического инструментария идентификации и прогнозирования социо-эколого-экономических взаимосвязей для формирования оптимальных траекторий устойчивого развития регионов России.

### Список литературы

1. Mumtaz R., Zaman K., Sajjad F., Lodhi M.S., Irfan M., Khan I., Naseem I. Modeling the causal relationship between energy and growth factors: Journey towards sustainable development // *Renewable Energy*. 2014. № 63. P. 353–365. doi: 10.1016/j.renene.2013.09.033.
2. Yanase A. Pollution control in open economies: Implications of within-period interactions for dynamic game equilibrium // *Journal of Economics*. 2005. № 84. P. 277–311. doi: 10.1007/s00712-005-0120-3.
3. He C., Mao X., Zhu X. Industrial dynamics and environmental performance in urban China // *Journal of Cleaner Production*. 2018. № 195. P. 1512–1522. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.10.142.
4. Tantau A.D., Maassen M.A., Fratila L. Models for analyzing the dependencies between indicators for a circular economy in the European Union // *Sustainability*. 2018. № 10. P. 2141. doi: 10.3390/su10072141.
5. Половян А.В., Вишневецкая Е.Н. Регулирование коэволюции экономико-экологических популяций в контексте устойчивого развития // *Экономика и математические методы*. 2017. Т. 53, № 2. С. 101–117.
6. Третьякова Е.А., Осипова М.Ю. Оценка показателей устойчивого развития регионов РФ // *Проблемы прогнозирования*. 2018. № 2 (167). С. 24–35.
7. Pîrvu R., Badîrcea R., Manta A., Lupanescu M. The effects of the cohesion policy on the sustainable development of the development regions in Romania // *Sustainability*. 2018. № 10. P. 2577. doi: 10.3390/su10072577.
8. Lotfi M., Yousefi A., Jafari S. The effect of emerging green market on green entrepreneurship and sustainable development in knowledge-based companies // *Sustainability*. 2018. № 10. P. 2308. doi: 10.3390/su10072308.
9. Rajapaksa D., Islam M., Managi S. Pro-environmental behavior: The role of public perception in infrastructure and the social factors for sustainable development // *Sustainability*. 2018. № 10. P. 937. doi: 10.3390/su10040937.
10. Hirvilammi T., Helne T. Changing paradigms: A sketch for sustainable wellbeing and ecosocial policy // *Sustainability*. 2014. № 6. P. 2160–2175. doi: 10.3390/su6042160.
11. Sanwal M. Global sustainable development goals are about the use and distribution, not scarcity of natural resources: will the middle class in the USA, China and India save the climate as its incomes grow? // *Climate and Development*. 2015. № 2. P. 97–99. doi: 10.1080/17565529.2014.934778.
12. Wu H., Yu Y., Li S., Huang K. An empirical study of the assessment of green development in Beijing, China: Considering resource depletion, environmental damage and ecological benefits simultaneously // *Sustainability*. 2018. № 10. P. 719. doi: 10.3390/su10030719.
13. Вдовин С.М., Гуськова Н.Д., Неретина Е.А., Иванова И.А. Прогнозирование устойчивости развития региона на основе экономико-математического моделирования // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2016. № 9. С. 18–27.
14. Meyer B. Macroeconomic modelling of sustainable development and the links between the economy and the environment: report. Osnabrück: Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforshung mbH, 2011. 89 p.
15. Jiao L., Shen L., Shuai C., He B. A Novel approach for assessing the performance of sustainable urbanization based on structural equation modeling: A China case study // *Sustainability*. 2016. № 8. P. 910. doi: 10.3390/su8090910.

16. Bocken N.M.P., Short S.W. Towards a sufficiency-driven business model: Experiences and opportunities // *Environmental Innovation and Societal Transitions*. 2016. № 18. P. 41–61. doi: 10.1016/j.eist.2015.07.010.
17. Mayer A. Democratic institutions and the energy intensity of well-being: A cross-national study // *Sustainability and Society*. 2017. № 7. P. 36.
18. Аганбегян А.Г. Инвестиции в основной капитал и вложения в человеческий капитал – два взаимосвязанных источника экономического роста // *Проблемы прогнозирования*. 2017. № 4 (163). С. 17–20.
19. Tret'yakova E.A., Shimanovskii D.V. Social welfare and eco-economic dynamics: An analytical model // *Studies on Russian Economic Development*. 2020. Vol. 31, № 1. P. 108–112.
20. Анимца Е.Г., Новикова Н.В., Сухих В.А. Качество жизни как комплексный показатель социального развития региона // *Журнал экономической теории*. 2009. № 1. С. 14–35.
21. Петров А.Н. Производственная функция экономики региона // *Экономический анализ: теория и практика*. 2011. № 19 (226). С. 53–60.
22. Дьяков М.Ю. О зависимости между инвестициями в охрану окружающей среды и динамикой ее загрязнения в Камчатском крае // *Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: материалы XVII междунар. науч. конф., посвящ. 25-летию организации Камчатского института экологии и природопользования ДВО РАН, 16–17 ноября 2016 г. Петропавловск-Камчатский: Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, 2016. С. 203–206.*
23. Грицак Л.Е. Специфика цикличности экономического развития современной России // *Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета*. 2013. № 5 (49). С. 15–19.
24. Рассадуллина А.К. Кадровое обеспечение инновационной экономики. Опыт экономически развитых стран // *Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика*. 2011. № 1. С. 109–120.
25. Глазьев С.Ю. Нищета и блеск российских монетаристов. Ч. 1 // *Экономическая наука современной России*. 2015. № 2 (69). С. 7–21.

Статья поступила в редакцию 10.06.2020, принята к печати 16.09.2020

#### Сведения об авторах

Шимановский Дмитрий Викторович – кандидат экономических наук, доцент кафедры информационных систем и математических методов в экономике, Пермский государственный национальный исследовательский университет (Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; e-mail: Dmitry-Shimanovsky@mail.ru).

Третьякова Елена Андреевна – доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры мировой и региональной экономики, экономической теории; Пермский государственный национальный исследовательский университет (Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; e-mail: E.A.T.pngru@yandex.ru).

#### References

1. Mumtaz R., Zaman K., Sajjad F., Lodhi M.S., Irfan M., Khan I., Naseem I. Modeling the causal relationship between energy and growth factors: Journey towards sustainable development. *Renewable Energy*, 2014, no. 63, pp. 353–365. doi: 10.1016/j.renene.2013.09.033.
2. Yanase A. Pollution control in open economies: Implications of within-period interactions for dynamic game equilibrium. *Journal of Economics*, 2005, no. 84, pp. 277–311. doi: 10.1007/s00712-005-0120-3.
3. He C., Mao X., Zhu X. Industrial dynamics and environmental performance in urban China. *Journal of Cleaner Production*, 2018, no. 195, pp. 1512–1522. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.10.142.
4. Tantau A.D., Maassen M.A., Fratila L. Models for analyzing the dependencies between indicators for a circular economy in the European Union. *Sustainability*, 2018, no. 10, pp. 2141. doi: 10.3390/su10072141.
5. Polovyan A.V., Vishnevskaya E.N. Regulirovanie koevolyutsii ekonomiko-ekologicheskikh populyatsii v kontekste ustoichivogo razvitiya [Regulating co-evolution of the economic and environmental

populations in the context of sustainable development]. *Ekonomika i matematicheskie metody* [Economics and Mathematical Methods], 2017, vol. 53, iss. 2, pp. 101–117. (In Russian).

6. Tret'yakova E.A., Osipova M.Yu. Otsenka pokazatelei ustoichivogo razvitiya regionov RF [Evaluation of the indicators for the sustainable development in the RF regions]. *Problemy prognozirovaniya* [Forecasting Issues], 2018, no. 2 (167), pp. 24–35. (In Russian).

7. Pîrvu R., Badîrcea R., Manta A., Lupanescu M. The effects of the cohesion policy on the sustainable development of the development regions in Romania. *Sustainability*, 2018, no. 10, pp. 2577. doi: 10.3390/su10072577.

8. Lotfi M., Yousefi A., Jafari S. The effect of emerging green market on green entrepreneurship and sustainable development in knowledge-based companies. *Sustainability*, 2018, no. 10, pp. 2308. doi: 10.3390/su10072308.

9. Rajapaksa D., Islam M., Managi S. Pro-environmental behavior: The role of public perception in infrastructure and the social factors for sustainable development. *Sustainability*, 2018, no. 10, pp. 937. doi: 10.3390/su10040937.

10. Hirvilammi T., Helne T. Changing paradigms: A sketch for sustainable wellbeing and ecosocial policy. *Sustainability*, 2014, no. 6, pp. 2160–2175. doi: 10.3390/su6042160.

11. Sanwal M. Global sustainable development goals are about the use and distribution, not scarcity of natural resources: will the middle class in the USA, China and India save the climate as its incomes grow? *Climate and Development*, 2015, no. 2, pp. 97–99. doi: 10.1080/17565529.2014.934778.

12. Wu H., Yu Y., Li S., Huang K. An empirical study of the assessment of green development in Beijing, China: Considering resource depletion, environmental damage and ecological benefits simultaneously. *Sustainability*, 2018, no. 10, p. 719. doi: 10.3390/su10030719.

13. Vdovin S.M., Gus'kova N.D., Neretina E.A., Ivanova I.A. Prognozirovanie ustoichivosti razvitiya regiona na osnove ekonomiko-matematicheskogo modelirovaniya [Region's sustainable development prediction on the basis of economic-mathematical modelling]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'* [National Interests: Priorities and Security], 2016, no. 9, pp. 18–27. (In Russian).

14. Meyer B. *Macroeconomic modeling of sustainable development and the links between the economy and the environment: Report*. Osnabrück, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforshung mbH, 2011. 89 p.

15. Jiao L., Shen L., Shuai C., He B. A Novel approach for assessing the performance of sustainable urbanization based on structural equation modeling: A China case study. *Sustainability*, 2016, no. 8, p. 910. doi: 10.3390/su8090910.

16. Bocken N.M.P., Short S.W. Towards a sufficiency-driven business model: Experiences and opportunities. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 2016, no. 18, pp. 41–61. doi: 10.1016/j.eist.2015.07.010.

17. Mayer A. Democratic institutions and the energy intensity of well-being: A cross-national study. *Sustainability and Society*, 2017, no. 7, p. 36.

18. Aganbegyan A.G. Investitsii v osnovnoi kapital i vlozheniya v chelovecheskii kapital – dva vzaimosvyazannykh istochnika ekonomicheskogo rosta [Investments in the main capital and investments into human capital – two interconnected sources of economic growth]. *Problemy prognozirovaniya* [Forecasting Issues], 2017, no. 4 (163), pp. 17–20. (In Russian).

19. Tret'yakova E.A., Shimanovskii D.V. Social welfare and eco-economic dynamics: An analytical model. *Studies on Russian Economic Development*, 2020, vol. 31, no. 1, pp. 108–112.

20. Animitsa E.G., Novikova N.V., Sukhikh V.A. Kachestvo zhizni kak kompleksnyi pokazatel' sotsial'nogo razvitiya regiona [The life quality as a complex indicator of social development of the region]. *Zhurnal ekonomicheskoi teorii* [Journal of Economic Theory], 2009, no. 1, pp. 14–35. (In Russian).

21. Petrov A.N. Proizvodstvennaya funktsiya ekonomiki regiona [Manufacturing function of the region's economy]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika* [Economic Analysis: Theory and Practice], 2011, no. 19 (226), pp. 53–60. (In Russian).

22. D'yakov M.Yu. O zavisimosti mezhdru investitsiyami v okhranu okruzhayushchei sredy i dinamikoi ee zagryazneniya v Kamchatskom krae [On dependence between the investments into the environment protection and its pollution dynamics in Kamchatka Territory]. *Sokhranenie bioraznoobraziya Kamchatki i prilegayushchikh morei: materialy KhVII mezhdunar. nauch. konf., posvyashch. 25-letiyu organizatsii Kamchatskogo instituta ekologii i prirodopol'zovaniya DVO RAN, 16–17 noyabrya 2016 g.* [Preservation of biodiversity on Kamchatka and neighboring seas: Proceedings of XVII International Scientific Conference devoted to 25<sup>th</sup> anniversary of Kamchatka Institute of Ecology and

Nature Management Far East Federal Area RAS, 16–17 November 2016]. Petropavlovsk-Kamchatskii, Kamchatskii filial Tikhookeanskogo instituta geografii DVO RAN Publ., 2016, pp. 203–206. (In Russian).

23. Gritsak L.E. Spetsifika tsiklichnosti ekonomicheskogo razvitiya sovremennoi Rossii [Cyclical economic development of modern Russia]. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo sotsial'no-ekonomicheskogo universiteta* [Vestnik of Saratov State Socio-Economic University], 2013, no. 5 (49), pp. 15–19. (In Russian).

24. Rassadulina A.K. Kadrovoe obespechenie innovatsionnoi ekonomiki. Opyt ekonomicheskii razvitykh stran [Peopleware of innovation economy. Experience of advanced economies]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6: Ekonomika* [Moscow University Economics Bulletin], 2011, no. 1, pp. 109–120. (In Russian).

25. Glaz'ev S.Yu. Nishcheta i blesk rossiiskikh monetaristov. Ch. 1 [Misery and prosperity of the Russian monetarists. Part 1]. *Ekonomicheskaya nauka sovremennoi Rossii* [Economics of Contemporary Russia], 2015, no. 2 (69), pp. 7–21. (In Russian).

Received June 10, 2020; accepted September 16, 2020

#### Information about the Authors

Shimanovsky Dmitriy Viktorovich – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor at the Department of Information Systems and Mathematical Methods in Economics, Perm State University (15, Bukirev st., Perm, 614990, Russia; e-mail: Dmitry-Shimanovsky@mail.ru).

Tretiakova Elena Andreevna – Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor at the Department of the World and Regional Economy, Economic Theory, Perm State University (15, Bukirev st., Perm, 614990, Russia; e-mail: E.A.T.pnrpu@yandex.ru).

**Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:**  
*Шимановский Д.В., Третьякова Е.А. Моделирование социо-эколого-экономических взаимосвязей как способ оценки устойчивого развития регионов РФ // Вестник Пермского университета. Сер. «Экономика». 2020. Том 15. № 3. С. 369–384. doi: 10.17072/1994-9960-2020-3-369-384*

#### Please cite this article in English as:

Shimanovsky D.V., Tretiakova E.A. Modeling social ecological economic relations as an assessment method for sustainable development of regions in the Russian Federation. *Perm University Herald. Economy*, 2020, vol. 15, no. 3, pp. 369–384. doi: 10.17072/1994-9960-2020-3-369-384