

УДК 657.922, 657.6.012.16; ББК 65.052; JEL Code M49
DOI: 10.17072/1994-9960-2022-3-351-368



© Лобова Е. С., Таскаева А. А.,
Пащенко Т. В., Жуковская С. Л., 2022

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОПАРНОЙ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА В УСЛОВИЯХ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ «НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ» ЭКОНОМИКИ

Лобова Елена Сергеевна^a

ORCID ID: [0000-0002-7232-8297](https://orcid.org/0000-0002-7232-8297), Researcher ID: [H-6672-2018](https://orcid.org/H-6672-2018), e-mail: elena.bykova555@yandex.ru

Таскаева Алёна Андреевна^b

ORCID ID: [0000-0002-2313-674X](https://orcid.org/0000-0002-2313-674X), Researcher ID: [CAG-1480-2022](https://orcid.org/CAG-1480-2022), e-mail: alenka.tas@yandex.ru

Пащенко Татьяна Васильевна^c

ORCID ID: [0000-0002-0524-8342](https://orcid.org/0000-0002-0524-8342), Researcher ID: [P-8062-2016](https://orcid.org/P-8062-2016), e-mail: econ317psu@yandex.com

Жуковская Светлана Львовна^c

ORCID ID: [0000-0003-4844-5431](https://orcid.org/0000-0003-4844-5431), Researcher ID: [CAG-1949-2022](https://orcid.org/CAG-1949-2022), e-mail: svlvzh@yandex.ru

^a Пермский национальный исследовательский политехнический университет
(Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29)

^b Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю
(Россия, 614016, г. Пермь, ул. Революции, 66)

^c Пермский государственный национальный исследовательский университет
(Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15)

Аннотация. Вопросы устойчивого развития становятся все более актуальными в повестке не только мирового сообщества, но и регионального развития, что находит отражение в показателях социально-экономического развития разных регионов. Однако включение таких показателей требует использования макроаналитического инструментария для обоснования параметров социально-экономической, эколого-экономической и социально-экологической составляющих элементов устойчивого развития региона в условиях реализации концепции «низкоуглеродной» экономики. В статье рассматривается социо-эколого-экономическая система показателей, используемая на разных уровнях экономической системы, методика выбора и расчета таких показателей для оценки уровня устойчивого развития. Целью исследования является разработка методики оценки социально-эколого-экономических последствий реализации целей «низкоуглеродной» экономики для регионов. В качестве рабочей принята гипотеза о том, что сокращение выбросов газа при проведении ремонтных работ на линейной части газопровода за счет выработки газа с ремонтируемого участка при помощи использования мобильной компрессорной станции и разработка методики экономической оценки уровня выбросов позволят улучшить социо-эколого-экономическое состояние региона. В результате исследования предложен механизм формирования системы показателей оценки эффективности проектов с целью реализации концепции устойчивого развития и экономической модели «низкоуглеродной» экономики и разработана методика комплексной оценки влияния проектной деятельности на региональный индекс устойчивого развития. Работа базируется на исследованиях в области устойчивого развития, социально-экономического прогнозирования развития регионов и использования макроэкономического анализа для оценки показателей эффективности развития социально-экономических систем. Использованы методы индексных оценок для построения комплексного показателя уровня устойчивого развития, метод эконометрического моделирования для оценки достоверности полученных результатов и прогнозирования. Методологическая значимость полученных результатов заключается в разработке методики экономической оценки уровня выбросов. Изложенный авторами подход и его результаты могут быть использованы учеными и методологами в области прогнозирования социально-экономического развития регионов в соответствии с целями устойчивого развития.

Ключевые слова: устойчивое развитие, прогноз социально-экономического развития региона, концепция «низкоуглеродной» экономики, индекс устойчивого развития региона

Для цитирования:

Лобова Е. С., Таскаева А. А., Пащенко Т. В., Жуковская С. Л. Проектирование системы интегральных параметров попарной оценки устойчивого развития региона в условиях реализации концепции «низкоуглеродной» экономики // Вестник Пермского университета. Сер. «Экономика». 2022. Т. 17, № 3. С. 351–368. DOI: 10.17072/1994-9960-2022-3-351-368

THE SYSTEM OF INTEGRAL PARAMETERS FOR PAIRWISE ASSESSMENT OF THE REGION'S SUSTAINABLE DEVELOPMENT FOR LOW-CARBON ECONOMY

Elena S. Lobova^a

ORCID ID: [0000-0002-7232-8297](https://orcid.org/0000-0002-7232-8297), Researcher ID: [H-6672-2018](https://orcid.org/H-6672-2018), e-mail: elena.bykova555@yandex.ru

Alyona A. Taskaeva^b

ORCID ID: [0000-0002-2313-674X](https://orcid.org/0000-0002-2313-674X), Researcher ID: [CAG-1480-2022](https://orcid.org/CAG-1480-2022), e-mail: alenka.tas@yandex.ru

Tatiana V. Pashchenko^c

ORCID ID: [0000-0002-0524-8342](https://orcid.org/0000-0002-0524-8342), Researcher ID: [P-8062-2016](https://orcid.org/P-8062-2016), e-mail: econ317psu@yandex.com

Svetlana L. Zhukovskaya^c

ORCID ID: [0000-0003-4844-5431](https://orcid.org/0000-0003-4844-5431), Researcher ID: [CAG-1949-2022](https://orcid.org/CAG-1949-2022), e-mail: svlvzh@yandex.ru

^a Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky Prospekt, Perm, 614990, Russia)

^b Regional Office of the Federal State Statistics Service for Perm Krai (66, Revolyutsii st., Perm, 614016, Russia)

^c Perm State University (15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia)

Abstract. Sustainable development issues are becoming more and more relevant on the agenda of both global community and regional development, which is reflected in the performance indicators of different regions. However, these indicators need macroanalytical tools to substantiate the parameters of socio-economic, ecological-economic, and socio-ecological components in the region's sustainable development for low-carbon economy. This article examines the socio-ecological and economic system of indicators used at different levels of the economic system, as well as the methodology for selecting and calculating these indicators to assess the level of sustainable development. The purpose of the study is to develop an assessment methodology for socio-ecological and economic consequences of low-carbon economy for the regions. The operational hypothesis of the study was that socio-ecological and economic situation in the region could be improved by designing a methodology for economic assessment of gas emissions and less gas emission during repairs at the linear pipeline section. The latter can be achieved by generating gas from the repaired section with a portable compressor station. The research shows how to develop a system of indicators aimed at assessing the projects' effectiveness for sustainable development and the economic model of low-carbon economy. The paper describes the methodology for a comprehensive assessment of the impact of project activities on the regional index of sustainable development. The work originates from studies in sustainable development, socio-economic forecasting of regional development and the application of macroeconomic analysis to assess the performance indicators of the development of socio-economic systems. The methods of index estimates were used to construct a comprehensive indicator of sustainable development, and the method of econometric modeling was applied to assess the reliability of the results and forecasting. The methodological significance of the results lies in the development of a methodology for the economic assessment of emission levels. The approach outlined by the authors and its results can be used by scientists and methodologists in forecasting socio-economic development of regions under sustainable development goals.

Keywords: sustainable development, region's socio-economic development forecast, low-carbon economy concept, region's sustainable development index

For citation:

Lobova E. S., Taskaeva A. A., Pashchenko T. V., Zhukovskaya S. L. The system of integral parameters for pairwise assessment of the region's sustainable development for low-carbon economy. *Perm University Herald. Economy*, 2022, vol. 17, no. 3, pp. 351–368. DOI: 10.17072/1994-9960-2022-3-351-368

ВВЕДЕНИЕ

Разные аспекты вопросов устойчивого развития проявляют свою актуальность с каждым годом все сильнее. И становится очевидным, что все они – синергетический результат жизнедеятельности человека,

технологического развития и природных изменений. Это приводит к тому, что прогнозирование развития стран и территорий должно быть комплексным, взаимосвязанным и взаимобусловленным предполагаемыми социаль-

ными, экологическими и экономическими изменениями.

Важным является и то, что для разных регионов характерна разная отраслевая специфика, накладывающая отпечаток как на цели устойчивого развития, так и на показатели социально-экономического развития региона и обуславливающая в итоге специализацию пространственного развития страны в целом, о чем в своей работе пишет Н. С. Козырь [1]. Разная отраслевая направленность регионов и их разное социально-экологическое положение (обусловленное в том числе природно-климатическими условиями, запасами ресурсов, этническими особенностями местности) приводят к необходимости использования разных наборов факторов, влияющих на социально-экономическое и устойчивое развитие (СЭР и УР соответственно), и их параметров. Так, для предприятий нефтегазового сектора экономики важным является процесс реализации 17 целей ООН по устойчивому развитию, которые нашли свое отражение и в Национальных целях развития РФ на период до 2030 г.

Об актуализации системы метрик устойчивого развития и включенности «зеленых» вопросов в СЭР в своих работах писали А. И. Агеев и О. А. Золотарева [2], В. А. Черешнев, А. А. Куклин и А. И. Боярских [3], *P. T. Anastas* и *J. C. Warner* [4], *T. Busch* и *G. Friede* [5], *E. S. Tasri* [6], *D. Alexander*, *V. Blum* [7], *Y. Qiu*, *A. Shaukat* и *R. Tharyan* [8], *M. A. Diaye*, *S. H. Ho* и *R. Oueghlissi* [9], *V. Brühl* [10]. В их работах отмечается рост актуальности экологизации и гуманизации экономики при обеспечении экономического роста и сохранении природного богатства Земли.

Ряд исследователей углубляет эти вопросы, анализируя энергетические аспекты производства и жизнедеятельности, в том числе парниковые эффекты. Такой подход можно увидеть в работах В. П. Ануфриева [11], В. И. Данилова-Данильяна и Н. А. Пискуловой¹, В. И. Данилова-Данильяна, М. Ч. Зали-

ханова и К. С. Лосева². В большей степени решение этих задач направлено на экологическую безопасность и сокращение выбросов метанолов и углеводородов в атмосферу.

А. Д. Выварец с соавторами³ в своих методиках предполагают учитывать экологический эффект как предотвращенный ущерб при расчетах экономической эффективности. При этом отмечается ряд методологических трудностей. Например, они характеризуют показатель экологической эффективности общественного производства в качестве величины экологического ущерба от функционирования экономического комплекса страны в целом в расчете на единицу полученного в результате этого эффекта. Рост рассматриваемого показателя демонстрирует повышение экологической эффективности народного хозяйства, а его снижение – рост экологического ущерба. Однако результаты исследований указанных авторов не снижают актуальности вопросов оценки углеродных выбросов и их влияния на социально-эколого-экономические показатели.

МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМА ОЦЕНКИ РЕАЛИЗАЦИИ «НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ» ЭКОНОМИКИ В ИНДИКАТОРАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Одним из инструментов, с помощью которого государство регулирует устойчивое развитие промышленного сектора, И. А. Иванова и М. В. Игнатьева называют эконометрическое моделирование, позволяющее охватывать в комплексе множество действующих факторов [12]. А. Р. Дауров к методам оценки устойчивого развития экономики регионов относит методы шкалирования и одноступенчатые методы взвешивания, анализ на основе теории графов и многоступенчатые методы взвешивания и др. [13]. Однако отмечаются некоторые ограничения этих методов, такие как субъективность оценки,

¹ Устойчивое развитие: новые вызовы: учебник для вузов / под общ. ред. В. И. Данилова-Данильяна, Н. А. Пискуловой. М.: Издательство «Аспект Пресс», 2015. 336 с.

² Данилов-Данильян В. И., Залиханов М. Ч., Лосев К. С. Экологическая безопасность: общие принципы и рос-

сийский аспект: учеб. пособие. 2-е изд., дораб. М.: МППА БИМПА, 2007. 288 с.

³ Выварец А. Д., Федоренко О. В., Карелов С. В. Экономика природопользования: учеб. пособие / Уральский гос. техн. ун-т; под ред. А. Ю. Кузьменко. М.: ЦНИИцветмет экономики и информации, 1994. 264 с.

сложность и иерархичность при построении многоступенчатых задач.

Как указывает В. В. Кисилев, эконометрическая модель содержит эндогенные и экзогенные группы переменных, значения которых устанавливаются вне эконометрической модели [14].

Иностраные ученые также работали над системой оценки ЦУР, что нашло отражение, в частности, в работе *M. Kühnen, S. Silva, J. Beckmann* и др. [15].

Вопреки традиционному подходу, характеризующемуся выбором и расчетом показателей в каждой из групп (социальной, экологической и экономической), в настоящем исследовании применяется подход, базирующийся на расчете показателей, находящихся на стыке указанных групп. Выбор соответствующих «парных» показателей должен быть сформирован в зависимости от значимости корреляции статистических показателей регионального уровня устойчивого развития. В целом этот подход уже использовался авторами в их предыдущих исследованиях на примере Пермского края [16; 17].

В данном исследовании выдвигается ряд гипотез.

H1. Для региональных структур, сходных по основным параметрам развития, можно сформировать единую систему параметров социально-эколого-экономического развития.

H2. Существует механизм влияния инвестиционных программ предприятий – лидеров нефтегазового сектора, направленных на реализацию целей «низкоуглеродной» экономики, на интегральные показатели устойчивого развития региона.

Чтобы доказать гипотезу H1, предлагаем использовать метод индексных оценок, основным достоинством которого является принцип стандартизации каждого фактического значения показателя за выбранный промежуток времени по отношению к наилучшему достигнутому значению в исследуемом периоде.

Для раскрытия результатов гипотезы H2 будем применять методы эконометрического и регрессионного анализа и моделирования, методы индексирования, трендового анализа и интегральной параметризации.

⁴ *Green Growth Indicators 2014 // OECD Green Growth Studies / OECD Library. doi: 10.1787/9789264202030-en*

Отметим, что большинство методов оценки формируются относительно показателя валового внутреннего продукта (ВВП). *OECD* в разделе «Индикаторы “зеленого” роста» предложила два показателя углеродной эффективности: «углеродная эффективность, привязанная к производству ВВП на единицу выбросов CO₂, связанных с потреблением энергии, и углеродная эффективность, привязанная к спросу»⁴. Для целей формирования показателей устойчивого развития на региональном уровне целесообразно адаптировать данные показатели и проводить их расчет относительно показателя валового регионального продукта (ВРП).

При этом опыт формирования экологической политики в регионах свидетельствует о целесообразности использования показателя природоёмкости ВРП, который позволяет характеризовать уровень эколого-экономического развития как на региональном уровне, так и на уровне страны. Уменьшение значения данного показателя в динамике выступает эффективным критерием устойчивого развития. Дополнительными показателями, уточняющими динамику развития, можно принять показатели углеродной эффективности и интенсивности выбросов, скорректированные с учетом особенностей информационной базы.

Показатели углеродной эффективности оценивают относительное устранение зависимости между экономической деятельностью и загрязнением атмосферы. Показатель интенсивности выбросов дает возможность показать долю выбросов, приходящихся на одного человека, и должен иметь тенденцию к уменьшению.

ВЫБОР МЕТОДОВ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОГО СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА В УСЛОВИЯХ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ «НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ» ЭКОНОМИКИ

Для построения модели устойчивого развития необходимо каждый из выбранных показателей привести к сопоставимому виду. Для этого в работе использу-

= *Показатели зеленого роста 2014 (русская версия). doi: 10.1787/9789264256767-ru*

ется методика, изложенная в исследованиях Е. А. Третьяковой с соавторами [18; 19]. После приведения всех показателей к сопоставимому виду рассчитывается индекс устойчивого развития каждой из групп показателей, а затем формируется итоговый комплексный (интегральный) показатель уровня устойчивого развития региона.

Индекс устойчивого развития, характеризующий уровень развития определенной группы, рассчитывается по формуле средней арифметической.

На заключительном этапе производится расчет интегральной оценки уровня устойчивого развития по формуле

$$I_{ур} = \sqrt[3]{I_1 \cdot I_2 \cdot I_3}, \quad (1)$$

где I_1, I_2, I_3 – показатели социально-экономического, социально-экологического и эколого-экономического развития региона соответственно.

Трактовка полученных результатов осуществляется на основе критериев, разработанных Е. Б. Головановым [20].

Итак, показатели устойчивого развития подразделяются на три группы: социальные, экономические и экологические. Для оценки уровня устойчивого развития было взято по два показателя, находящихся на стыке каждой из групп и характеризующих ее.

К первой группе отнесены показатели, характеризующие экономическое развитие и социальный прогресс:

1) ВРП на душу населения, млн руб. на 1 чел.;

2) инвестиции в основной капитал в сфере образования (Ио) на душу населения, тыс. руб. на 1 чел.:

$$I_o = \frac{\text{Инвестиции в основной капитал в сфере образования, тыс. руб.}}{\text{Численность населения, чел.}} \quad (2)$$

Рассматриваемый показатель дает возможность понять, какой объем средств, направленных на приобретение основных средств в сфере образования, приходится на одного человека, и должен показывать тенденцию к росту.

Ко второй группе отнесены показатели, характеризующие социальный прогресс и состояние окружающей среды:

1) интенсивность производственных выбросов (Ипв) углеводородов (УВ), тыс. т на одного человека:

$$I_{пв} = \frac{\text{Объем выбросов УВ от стационарных источников, тыс. т}}{\text{Численность населения, чел.}} \quad (3)$$

Данный показатель иллюстрирует долю выбросов, приходящихся на одного человека, и должен иметь тенденцию к сокращению значения, потому как, с точки зрения общества, чем меньше выбросов приходится на одного человека, тем лучше;

2) число заболеваний органов дыхания на душу населения (Зод), ед./на одного человека:

$$Z_{од} = \frac{\text{Число заболеваний органов дыхания, выявленных впервые, ед.}}{\text{Численность населения, чел.}} \quad (4)$$

Данный показатель характеризует уровень заболеваемости, вызванный вредным воздействием выбросов от стационарных источников, на одного человека. В связи с тем что показатель отражает уровень общественного здоровья, он должен иметь тенденцию к спаду.

Третья группа включает показатели, характеризующие окружающую среду и экономическое развитие:

1) углеводородная эффективность производства (ЭПув), тыс. руб. на 1 т:

$$ЭП_{ув} = \frac{\text{ВРП, тыс. руб.}}{\text{Объем выбросов УВ от стационарных источников, т}} \quad (5)$$

Данный показатель оценивает относительно устранение зависимости между экономической деятельностью нефтегазовых предприятий и загрязнением атмосферы. Должен иметь тенденцию к росту.

2) инвестиции в основной капитал, направленные на охрану атмосферного воздуха (Иав), млн руб. на тыс. т:

$$I_{ав} = \frac{\text{Инвестиции в основной капитал на охрану атмосферного воздуха, млн руб.}}{\text{Выбросы УВ от стационарных источников, тыс. т}} \quad (6)$$

Показатель $I_{ав}$ отражает, какой объем денежных средств был направлен на мероприятия по охране атмосферного воздуха. Должен иметь тенденцию к росту.

Выбранные показатели и критерии оценки их изменения представлены в ранних работах Е. С. Лобовой и Л. Н. Мамаевой [21].

На основе выбранных интегральных показателей и применения индексного метода расчета докажем гипотезу H_1 . Для этого:

1) сформируем базу данных со статистическими показателями по показателям, кото-

рые используются для расчета попарных показателей;

2) проведем верификацию показателей, чтобы их значения были в диапазоне не более 1;

3) рассчитаем индексы экономико-социального, социально-экологического и эколого-экономического развития;

4) представим ряд изменений интегрального индекса устойчивого развития по региональным объектам.

Апробация предложенной методики расчета показателей представлена для Пермского края и двух соседних регионов, а именно Свердловской области и Удмуртской Республики. Выбор данных регионов обусловлен тем, что на их территории размещаются активы лидера газовой отрасли – ПАО «Газпром». Результаты расчетов представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Приведение показателей модели устойчивого развития к сопоставимому виду

Table 1. Comparing the indicators of the sustainable development model

Год	ВРП на душу населения	Инвестиции в основной капитал в сфере образования на душу населения	Интенсивность производственных выбросов углеводородов	Число заболеваний органов дыхания на душу населения	Углеродородная эффективность производства	Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды
Пермский край						
2011	0,556111988	0,427289262	1	0,975012053	0,640260517	0,391165375
2012	0,569412695	0,69697222	0,98188719	1	0,642979893	1
2013	0,5820361	0,796384747	0,712523757	0,954612157	0,47708598	0,868673948
2014	0,64382814	0,652133161	0,840027513	0,880223269	0,622287193	0,087491495
2015	0,703267832	0,724435685	0,854925813	0,896621279	0,692247153	0,090751645
2016	0,725226928	0,676314564	0,777840066	0,908176954	0,649454717	0,088248814
2017	0,790095842	0,631896107	0,794642813	0,863251174	0,723755998	0,057031951
2018	0,947295695	1	0,915158559	0,85535519	1	0,118678542
2019	1	0,752271344	0,769942483	0,871742247	0,888983757	0,561236182
Удмуртская Республика						
2011	0,461154731	1	0,724097383	0,993974569	0,454394474	0,127628835
2012	0,512117597	0,670933182	0,691384283	1	0,482114324	0,454559993
2013	0,556740941	0,889880186	0,625547441	0,941823248	0,47417606	0,356076287
2014	0,619203028	0,851648526	0,532544251	0,928576967	0,449128083	0,38888295
2015	0,711880965	0,430918661	0,933260289	0,889355771	0,904657451	1
2016	0,731078864	0,554847017	1	0,853392572	0,995482988	0,69896563
2017	0,760218107	0,253088023	0,967131429	0,878132904	1	0,466027343
2018	0,938825543	0,530194764	0,479424755	0,90641435	0,611802515	0,255855767
2019	1	0,612427357	0,606124575	0,974239825	0,820477674	0,327379885
Свердловская область						
2011	0,530522039	1	0,924055031	0,974506995	0,614858557	0,685911905
2012	0,608869198	0,998091676	0,747914313	1	0,571006686	0,681285645
2013	0,642247272	0,996972002	0,889557007	0,931074696	0,716093845	0,897049552
2014	0,679315164	0,995406556	1	0,955417882	0,850810459	0,844355254
2015	0,744506633	0,994824026	0,813022385	0,945321318	0,758487875	0,78221727
2016	0,812947687	0,994976834	0,833617959	0,919323104	0,848881982	0,847490693
2017	0,870623389	0,995916542	0,759596761	0,90152649	0,828055535	0,781470057
2018	0,932017194	0,998121973	0,857444249	0,873116894	1	1
2019	1	0,999283872	0,633531417	0,802732431	0,778552244	0,773349111

Источник: рассчитано авторами (= compiled by authors) по данным основных показателей охраны окружающей среды // Федеральная служба государственной статистики. URL: http://old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_11400_94699578 (дата обращения: 13.01.2020)

На основе указанных данных рассчитывается индекс устойчивого развития, характеризующий состояние выбранного региона в области устойчивого развития, и формируется интегральный показатель, объединяющий все сферы развития общества (социальную, экономическую и экологическую).

Таблица 2. Расчет индекса устойчивого развития исследуемых групп

Table 2. Calculation of the sustainable development index for the examined groups

Год	Экономическое развитие + социальный прогресс	Социальный прогресс + окружающая среда	Окружающая среда + экономическое развитие
Пермский край			
2011	0,491700625	0,987506027	0,515712946
2012	0,633192458	0,990943595	0,821489946
2013	0,689210423	0,833567957	0,672879964
2014	0,647980651	0,860125391	0,354889344
2015	0,713851758	0,875773546	0,391499399
2016	0,700770746	0,84300851	0,368851766
2017	0,710995974	0,828946994	0,390393975
2018	0,973647848	0,885256875	0,559339271
2019	0,876135672	0,820842365	0,72510997
Удмуртская Республика			
2011	0,730577365	0,859035976	0,291011655
2012	0,59152539	0,845692141	0,468337159
2013	0,723310563	0,783685345	0,415126173
2014	0,735425777	0,730560609	0,419005517
2015	0,571399813	0,91130803	0,952328725
2016	0,64296294	0,926696286	0,847224309
2017	0,506653065	0,922632167	0,733013671
2018	0,734510154	0,692919553	0,433829141
2019	0,806213678	0,7901822	0,57392878
Свердловская область			
2011	0,765261019	0,949281013	0,650385231
2012	0,803480437	0,873957156	0,626146166
2013	0,819609637	0,910315852	0,806571699
2014	0,83736086	0,977708941	0,847582857
2015	0,86966533	0,879171851	0,770352573
2016	0,903962261	0,876470531	0,848186338
2017	0,933269965	0,830561626	0,804762796
2018	0,965069583	0,865280572	1
2019	0,999641936	0,718131924	0,775950678

Источник: рассчитано авторами (= compiled by authors) по данным основных показателей охраны окружающей среды // Федеральная служба государственной статистики. URL: http://old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140094699578 (дата обращения: 13.01.2020)

Результаты расчета уровня устойчивого развития каждого из исследуемых регионов представлены в виде лепестковой диаграммы (рис. 1).

Таким образом, состояние развития всех исследуемых регионов можно охарактеризовать как «устойчивое развитие региональной экономики». Однако, опираясь на данные рис. 1, нужно отметить, что состояние устойчивого

развития Пермского края и Свердловской области максимально приближено к состоянию «высокий уровень устойчивого развития региональной экономики», в отличие от Удмуртской Республики.

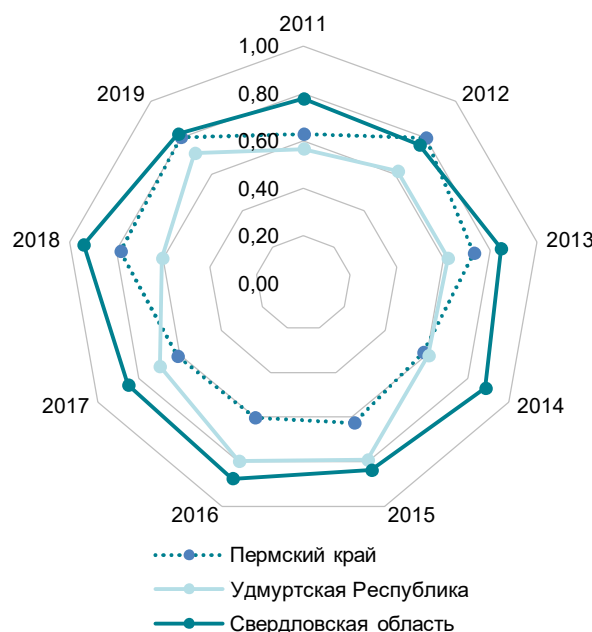


Рис. 1. Модель оценки уровня устойчивого развития регионов

Fig. 1. An assessment model for regions' sustainable development

Предложенное соотношение параметров социально-эколого-экономического развития для региональных структур, сходных по основным параметрам развития, можно использовать при формировании программы социально-экономического развития края не только для мониторинга социально-экономических факторов развития, но и для оценки влияния экологических факторов реализации «низкоуглеродной» стратегии развития страны.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ «НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ» ЭКОНОМИКИ НА УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ РЕГИОНОВ

Для доказательства существования механизма влияния инвестиционных программ предприятий – лидеров нефтегазового сектора, направленных на реализацию целей «низкоуглеродной» экономики, на

интегральные показатели устойчивого развития региона авторы исследования разработали методику оценки, в процессе применения которой необходимо:

- 1) построить линейные регрессионные модели влияния «парных» параметров социально-эколого-экономического развития на индекс устойчивого развития региона;
- 2) выявить «парные» параметры, имеющие наибольшее влияние на индекс устойчивого роста региона;
- 3) рассчитать промежуточные показатели, которые применяются в расчете «попарных» показателей по данным трендовых моделей и с учетом влияния на них результатов производственно-сбытовой деятельности предприятия;
- 4) найти прогнозное значение индекса устойчивого развития, основываясь на сценарном подходе и трендовых моделях показателей;

5) построить эконометрическую модель с учетом факторов, демонстрирующих наибольший уровень корреляции;

6) провести апробацию моделей, учитывающую реальные результаты инвестиционной деятельности, направленной на реализацию «низкоуглеродной» стратегии развития.

На основе расчетных значений «парных» показателей, отраженных в табл. 2, и статистических данных об уровне устойчивого развития выбранных для исследования регионов с помощью метода регрессионного анализа проводится расчет оценки влияния полученных показателей на данный индекс. Анализируется влияние как всех выбранных показателей на индекс устойчивого развития одновременно, так и каждого показателя в отдельности, чтобы оценить степень воздействия на индекс. Анализ осуществляется с помощью MS Excel. Результаты представлены в табл. 3–6.

Таблица 3. Линейные регрессионные модели влияния выбранных показателей на индекс устойчивого развития Пермского края, оценка качества и надежности моделей

Table 3. Linear regression models of the impact of the selected indicators on the sustainable development index for Perm Krai, assessment of models' quality and reliability

Показатель	Модель	Линейный коэффициент корреляции r	Коэффициент детерминации $R = r^2$	F-критерий Фишера		Средняя ошибка аппроксимации $A, \%$	Среднее квадратичное отклонение σ	Доверительный интервал
				расч.	табл.			
Все	$Y = 0,28296 - 0 \times X_1 + 0,10644 \times X_2 - 0,00120 \times X_3 - 0,24216 \times X_4 - 0,03228 \times X_5 + 0,03942 \times X_6$	0,99 (связь сильная)	$R = 0,9999$ (99,99 % случаев изменения всех исследуемых показателей приводят к изменению ИУР)	3127,460	3,87	0,100	0,00100	–
ВРП на душу населения, млрд руб.	$Y = 0,53115 + 0,00000 \times X$	0,37 (связь слабая)	$R = 0,1388$ (13,88 % случаев изменения объемов ВРП на душу населения вызывают изменение ИУР)	1,130	5,59	10,840	0,92060	$\pm 0,22$
Инвестиции в ОК в сферу образования на душу населения, тыс. руб. на 1 чел.	$Y = 0,43625 + 0,26456 \times X$	0,58 (связь средней силы)	$R = 0,3336$ (33,36 % случаев изменения объемов инвестиций в ОК в сферу образования на душу населения вызывают изменение ИУР)	3,505	5,59	9,060	0,08098	$\pm 0,19$
Интенсивность производственных выбросов УВ	$Y = 0,75653 - 0,00161 \times X$	0,09 (связь слабая)	$R = 0,0075$ (0,75 % случаев изменения интенсивности производственных выбросов УВ вызывают изменение ИУР)	0,053	5,59	12,290	0,09880	$\pm 0,23$
Число заболеваний органов дыхания на душу населения, ед. на 1 чел.	$Y = 0,91524 - 0,52513 \times X$	0,14 (связь слабая)	$R = 0,0191$ (1,91 % случаев изменения числа заболеваний органов дыхания на душу населения вызывают изменение ИУР)	0,136	5,59	11,920	0,09820	$\pm 0,23$

Показатель	Модель	Линейный коэффициент корреляции r	Коэффициент детерминации $R = r^2$	F-критерий Фишера		Средняя ошибка аппроксимации $A, \%$	Среднее квадратичное отклонение σ	Доверительный интервал
				расч.	табл.			
УВ-эффективность производства	$Y = 0,50106 + 0,01941 \times X$	0,44 (связь слабая)	$R = 0,1912$ (19,12 % случаев изменения УВ-эффективности производства вызывают изменение ИУР)	1,655	5,59	10,618	0,08920	$\pm 0,21$
Инвестиции в ОК, направленные на охрану атмосферного воздуха, млн руб. на тыс. т	$Y = 0,62414 + 0,03133 \times X$	0,67 (связь средней силы)	$R = 4538$ (45,38 % случаев изменения объемов инвестиций в ОК, направленных на охрану атмосферного воздуха, вызывают изменение ИУР)	5,815	5,59	7,387	0,07330	$\pm 0,17$

Примечание. Здесь и далее в таблицах использованы сокращения: ОК – основной капитал, УР – устойчивое развитие, ИУР – индекс устойчивого развития и УВ – углеводороды.

Источник: рассчитано авторами (= compiled by authors) по данным основных показателей охраны окружающей среды // Федеральная служба государственной статистики. URL: http://old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140094699578 (дата обращения: 13.01.2020)

Таблица 4. Линейные регрессионные модели влияния выбранных показателей на индекс устойчивого развития Удмуртской Республики, оценка качества и надежности моделей

Table 4. Linear regression models of the impact of the selected indicators on the sustainable development index of the Udmurt Republic, assessment of models' quality and reliability

Показатель	Модель	Линейный коэффициент корреляции r	Коэффициент детерминации $R = r^2$	F-критерий Фишера		Средняя ошибка аппроксимации $A, \%$	Среднее квадратичное отклонение σ	Доверительный интервал
				расч.	табл.			
Все	$Y = 0,36212 - 0 \times X_1 + 0,05473 \times X_2 - 0,00405 \times X_3 - 0,59430 \times X_4 - 0,01956 \times X_5 + 0,01210 \times X_6$	0,99 (связь сильная)	$R = 0,9913$ (99,13 % случаев изменения всех исследуемых показателей приводят к изменению ИУР)	38,036	3,87	0,960	0,0085	–
ВРП на душу населения, млрд руб.	$Y = 0,53421 + 0,00000 \times X$	0,42 (связь слабая)	$R = 0,1729$ (17,29 % случаев изменения объемов ВРП на душу населения вызывают изменение ИУР)	1,460	5,59	8,520	0,0827	$\pm 0,20$
Инвестиции в ОК в сферу образования на душу населения, тыс. руб. на 1 чел.	$Y = 0,82043 - 0,08117 \times X$	0,66 (связь средней силы)	$R = 0,4342$ (43,42 % случаев изменения объемов инвестиций в ОК в сферу образования на душу населения вызывают изменение ИУР)	5,370	5,59	7,243	0,06840	$\pm 0,16$
Интенсивность производственных выбросов УВ	$Y = 0,8862 - 0,00954 \times X$	0,67 (связь средней силы)	$R = 0,4498$ (44,98 % случаев изменения интенсивности производственных выбросов УВ вызывают изменение ИУР)	5,720	5,59	7,723	0,06744	$\pm 0,16$
Число заболеваний органов дыхания на душу населения, ед. на 1 чел.	$Y = -0,34957 + 2,31214 \times X$	0,67 (связь средней силы)	$R = 0,4533$ (45,33 % случаев изменения числа заболеваний органов дыхания на душу населения вызывают изменение ИУР)	5,804	5,59	7,912	0,06722	$\pm 0,16$
УВ-эффективность производства	$Y = 0,45048 - 0,01406 \times X$	0,90 (связь сильная)	$R = 0,8015$ (80,15 % случаев изменения УВ-эффективности производства вызывают изменение ИУР)	28,260	5,59	4,417	0,04051	$\pm 0,10$

Показатель	Модель	Линейный коэффициент корреляции r	Коэффициент детерминации $R = r^2$	F-критерий Фишера		Средняя ошибка аппроксимации $A, \%$	Среднее квадратичное отклонение σ	Доверительный интервал
				расч.	табл.			
Инвестиции в ОК, направленные на охрану атмосферного воздуха, млн руб. на тыс. т	$Y = 0,54337 + 0,01704 \times X$	0,84 (связь сильная)	$R = 0,7045$ (70,45 % случаев изменения объемов инвестиций в ОК, направленных на охрану атмосферного воздуха, вызывают изменение ИУР)	16,690	5,59	5,490	0,04942	$\pm 0,12$

Источник: рассчитано авторами (= compiled by authors) по данным основных показателей охраны окружающей среды // Федеральная служба государственной статистики. URL: http://old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140094699578 (дата обращения: 13.01.2020)

Таблица 5. Линейные регрессионные модели влияния выбранных показателей на индекс устойчивого развития Свердловской области, оценка качества и надежности моделей

Table 5. Linear regression models of the impact of the selected indicators on the sustainable development index of Sverdlovsk Region, assessment of models' quality and reliability

Показатель	Модель	Линейный коэффициент корреляции r	Коэффициент детерминации $R = r^2$	F-критерий Фишера		Средняя ошибка аппроксимации $A, \%$	Среднее квадратичное отклонение σ	Доверительный интервал
				расч.	табл.			
Все	$Y = 0,18704 - 0 \times X_1 - 1,16516 \times X_2 + 0,00118 \times X_3 + 0,07448 \times X_4 + 0,02107 \times X_5 + 0,00462 \times X_6$	0,99 (связь сильная)	$R = 0,9999$ (99,99 % случаев изменения всех исследуемых показателей приводят к изменению ИУР)	14 758,99	3,87	0,020	0,00030	-
ВРП на душу населения, млрд руб.	$Y = 0,69608 + 0,00000 \times X$	0,56 (связь средней силы)	$R = 0,3164$ (31,64 % случаев изменения объемов ВРП на душу населения вызывают изменение ИУР)	3,24	5,59	4,250	0,04850	$\pm 0,11$
Инвестиции в ОК в сферу образования на душу населения, тыс. руб. на 1 чел.	$Y = 12,98261 - 9,90971 \times X$	0,42 (связь слабая)	$R = 0,1794$ (17,94 % случаев изменения объемов инвестиций в ОК в сферу образования на душу населения вызывают изменение ИУР)	1,53	5,59	3,700	0,0531	$\pm 0,13$
Интенсивность производственных выбросов УВ	$Y = 0,96404 - 0,00417 \times X$	0,30 (связь слабая)	$R = 0,0910$ (9,10 % случаев изменения интенсивности производственных выбросов УВ вызывают изменение ИУР)	0,7	5,59	4,511	0,055930	$\pm 0,13$
Число заболеваний органов дыхания на душу населения, ед. на 1 чел.	$Y = 0,53306 + 0,95566 \times X$	0,38 (связь слабая)	$R = 0,1464$ (14,64 % случаев изменения числа заболеваний органов дыхания на душу населения вызывают изменение ИУР)	1,20	5,59	4,587	0,05420	$\pm 0,13$
УВ-эффективность производства	$Y = 0,52786 + 0,02117 \times X$	0,97 (связь сильная)	$R = 0,9433$ (94,33 % случаев изменения УВ-эффективности производства вызывают изменение ИУР)	116,41	5,59	0,992	0,01397	$\pm 0,03$
Инвестиции в ОК, направленные на охрану атмосферного воздуха, млн руб. на тыс. т	$Y = 0,43848 + 0,016085 \times X$	0,92 – связь сильная	$R = 0,8465$ (84,65 % случаев изменения объемов инвестиций в ОК, направленных на охрану атмосферного воздуха, вызывают изменение ИУР)	38,61	5,59	1,854	0,02298	$\pm 0,05$

Источник: рассчитано авторами (= compiled by authors) по данным основных показателей охраны окружающей среды // Федеральная служба государственной статистики. URL: http://old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140094699578 (дата обращения: 13.01.2020)

Таблица 6. Сводные результаты оценки качества и надежности полученных моделей

Table 6. Overall assessment results of models' quality and reliability

Показатель оценки	Пермский край	Удмуртская Республика	Свердловская область
Коэффициент корреляции между исследуемыми показателями и индексом устойчивого развития	<i>Наличие прямой зависимости.</i> Наиболее сильная связь наблюдается с показателями «инвестиции в ОК, направленные на охрану атмосферного воздуха» (каждый вложенный 1 млн руб. в ОК, направленный на охрану атмосферного воздуха, приходящийся на 1 тыс. т выбросов, увеличивает индекс устойчивого развития на 0,65 ед.), и «инвестиции в ОК в сферу образования на душу населения» (каждый вложенный 1 млн руб. в ОК в сферу образования на душу населения увеличивает ИУР на 0,7 ед.)	<i>Наличие прямой зависимости.</i> Наиболее тесная связь отмечается с показателями «УВ-эффективность производства» (каждая тонна выбросов УВ от стационарных источников увеличивает ИУР на 0,46 ед.), «инвестиции в ОК, направленные на охрану атмосферного воздуха» (каждый вложенный 1 млн руб. в ОК, направленный на охрану атмосферного воздуха, приходящийся на 1 тыс. т выбросов, увеличивает ИУР на 0,56 ед.)	<i>Наличие прямой зависимости.</i> Наиболее тесная связь отмечается с показателями «УВ-эффективность производства» (каждая тонна выбросов УВ от стационарных источников увеличивает ИУР на 0,55 ед.), «инвестиции в ОК, направленные на охрану атмосферного воздуха» (каждый вложенный 1 млн руб. в ОК, направленный на охрану атмосферного воздуха, приходящийся на 1 тыс. т выбросов, увеличивает ИУР на 0,45 ед.)
Оценка качества и надежности модели	На основании <i>F</i> -критерия Фишера модель считается статистически значимой только в двух построенных моделях из семи. Поскольку $F_{расч} > F_{табл}$, то только модели оценки зависимости ИУР от показателя «инвестиции в основной капитал, направленные на охрану атмосферного воздуха, млн руб. на тыс. т» считаются статистически значимыми; кроме того, статистически значимой является модель оценки зависимости от всех шести рассматриваемых показателей одновременно	На основании <i>F</i> -критерия Фишера модель считается статистически значимой в пяти построенных моделях из семи. Поскольку $F_{расч} > F_{табл}$, то модели оценки зависимости ИУР от показателей «ВРП на душу населения, млрд руб.» и «инвестиции в ОК в сферу образования на душу населения, тыс. руб. на чел.» считаются статистически незначимыми	На основании <i>F</i> -критерия Фишера модель считается статистически значимой лишь в трех построенных моделях из семи. Поскольку $F_{расч} > F_{табл}$, то модели оценки зависимости ИУР от показателей «УВ-эффективность производства» и «инвестиции в ОК, направленные на охрану атмосферного воздуха, млн руб. на тыс. т» считаются статистически значимыми; кроме того, к статистически значимым относится модель, основанная на всех шести исследуемых показателях
Средняя ошибка аппроксимации, <i>A</i>	Допустимый предел составляет 8–10%, что соответствует полученным результатам лишь по трем моделям: «все шесть показателей», «инвестиции в ОК в сферу образования на душу населения, тыс. руб. на чел.», «инвестиции в ОК, направленные на охрану атмосферного воздуха, млн руб. на тыс. т»	Допустимый предел составляет 8–10%, что соответствует всем полученным результатам	Допустимый предел составляет 8–10%, что соответствует всем полученным результатам
Среднее квадратичное отклонение, σ	Значение показателя по всем шести параметрам является наименьшим, а значит, его уравнение описывает зависимость точнее всего	Значение показателя по всем шести параметрам является наименьшим, а значит, его уравнение описывает зависимость точнее всего	Значение показателя по всем шести параметрам является наименьшим, а значит, его уравнение описывает зависимость точнее всего
Общий вывод	Существует прямая связь между некоторыми из исследуемых показателей и ИУР	Существует прямая связь между некоторыми из исследуемых показателей и ИУР	Существует прямая связь между некоторыми из исследуемых показателей и ИУР
<i>Источник:</i> составлено авторами на основе результатов оценки приведенных расчетов (= <i>compiled by authors</i>)			

АПРОБАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ РЕАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРОГРАММЫ ПО СОКРАЩЕНИЮ ВЫБРОСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ

Апробация математической модели проводится на основе предприятий Группы «Газпром», действующих на территории рассматриваемых регионов: ООО «Газпром Трансгаз Чайковский» и ООО «Газпром Трансгаз Югорск».

В первую очередь рассмотрим динамику изменения показателей «УВ-эффективность производства» и «инвестиции в основной капитал, направленные на охрану атмосферного воздуха» относительно показателей компании за период 2015–2019 гг. Резуль-

таты расчета данных показателей для группы предприятий «Газпром» на соответствующих территориях представлены в табл. 7.

На следующем шаге рассчитаем, как изменяются показатели «УВ-эффективность производства» и «инвестиции в основной капитал, направленные на охрану атмосферного воздуха» при изменении соответствующих показателей Газпрома на 1%. Для этого необходимо рассчитать значение показателя УВ-эффективности для Газпрома. Ввиду того что расчет данного показателя базируется на значении показателя ВРП, что неприменимо для уровня предприятия, заменим его на выручку. Для расчетов оценки используем усредненные значения выбросов, УВ-эффективности и инвестиций на охрану атмосферного воздуха (табл. 8).

Исходя из представленных в табл. 8 данных, спрогнозируем несколько вариантов индекса устойчивого развития на период до 2022 г. *Первый* – заключается в прогнозировании с помощью построения трендовых моделей для каждого из шести факторов. *Второй* – в прогнозировании при помощи эконометрической модели с учетом факторов,

значительно влияющих на исследуемый параметр – индекс устойчивого развития.

Рассчитаем прогнозные значения исследуемых показателей на период до 2022 г. Результаты расчетов представлены в табл. 9. Анализ проводился на основе построения линии тренда, конечная модель выбиралась с наибольшим значением R^2 .

Таблица 7. Расчет показателей УВ эффективности и инвестиций в основной капитал на охрану атмосферного воздуха для предприятий Группы «Газпром»

Table 7. Calculation of indicators of environmental efficiency and investments in fixed assets for air protection in Gazprom Group

Год	Пермский край	Удмуртская Республика	Свердловская область	Пермский край	Удмуртская Республика	Свердловская область
	УВ-эффективность производства			Инвестиции в ОК, направленные на охрану атмосферного воздуха		
2015	0,57	0,51	0,61	0,11	0,10	0,69
2016	0,51	0,56	0,60	0,09	0,10	0,66
2017	0,57	0,60	0,65	0,31	0,33	0,56
2018	0,64	0,26	0,66	0,01	0,003	0,55
2019	0,54	0,34	0,81	0,00	0,00	0,59
Среднее	0,56	0,45	0,67	0,10	0,11	0,61

Источник: составлено авторами (= *compiled by authors*) по данным, взятым из следующих открытых источников: 1) официальный сайт ПАО «Газпром» (<https://www.gazprom.ru/about/marketing/russia>); 2) официальный сайт ООО «Газпром МКС» (<https://mks.gazprom.ru/about/history>); 3) Экологический отчет ПАО «Газпром» за 2019 г. (<https://www.gazprom.ru/f/posts/77/885487/gazprom-environmental-report-2019-ru.pdf>); 4) Отчет Группы «Газпром» о деятельности в области устойчивого развития за 2020 г. (http://gazpromprofsoyuz.ru/content/docs_files/1626170354-14688.pdf)

Таблица 8. Влияние изменений показателей Газпрома на значения показателей регионального уровня

Table 8. The impact of changes in Gazprom’s indicators on the regional indicators

Показатель	Пермский край	Удмуртская Республика	Свердловская область	Пермский край	Удмуртская Республика	Свердловская область
	УВ-эффективность производства			Инвестиции в ОК, направленные на охрану атмосферного воздуха		
1%	0,0056	0,0045	0,0067	0,001	0,001	0,006
Изменение регионального показателя при изменении показателя на уровне Газпрома на 1 %, %	0,053	0,036	0,041	0,11	0,012	0,02

Источник: составлено авторами (= *compiled by authors*) по данным, приведенным в табл. 7

Таблица 9. Прогнозирование показателей устойчивого развития Пермского края, Удмуртской Республики и Свердловской области на 2020–2022 гг.

Table 9. Forecasting sustainable development indicators for Perm Krai, the Udmurt Republic, and the Sverdlovsk Region for 2020–2022

Год	ВРП на душу населения	Инвестиции в ОК в сферу образования на душу населения	Интенсивность производственных выбросов УВ	Число заболеваний органов дыхания на душу населения	УВ-эффективность производства	Инвестиции в ОК, направленные на охрану атмосферного воздуха
Пермский край						
2020	645 363,00	1,1169	47,2799	0,4654	14,915	2,751
2021	718 063,60	1,1402	47,6886	0,4649	16,986	3,868
2022	798 058,00	1,1619	48,0647	0,4628	19,328	5,247
Удмуртская Республика						
2020	523 146,52	1,6998	29,7350	0,4034	17,0326	8,8982
2021	575 340,24	1,9396	33,3723	0,3743	15,3527	9,2277
2022	632 741,26	2,2542	37,6242	0,3392	13,1316	9,5392
Свердловская область						
2020	605 065,00	1,2342	37,5050	0,3826	15,9980	24,8270
2021	646 085,21	1,2388	41,2265	0,4028	13,1840	23,4547
2022	688 671,44	1,2442	45,4790	0,4254	10,1020	21,7312

Источник: рассчитано авторами на основе полученных моделей (= *compiled by authors*)

Прогноз по трендовым моделям выбранных для исследования показателей демонстрирует ряд следующих моментов:

1) во всех исследуемых регионах фиксируется устойчивый рост ВРП на душу населения и инвестиций в основной капитал в сфере образования на душу населения, что, конечно, является положительной динамикой;

2) интенсивность производственных выбросов углеводородов во всех исследуемых регионах имеет тенденцию к росту, что является отрицательным фактором, такую же динамику демонстрирует показатель числа заболеваний органов дыхания на душу населения, за исключением Удмуртской Республики, где начиная с 2017 г. у данного показателя наблюдается тенденция к спаду;

3) показатель УВ-эффективности в Удмуртской Республике и Свердловской области имеет тенденцию к спаду, что отрицательно характеризует экологическое состояние регионов; в Свердловской области показатель инвестиций в охрану атмосферного воздуха на душу населения тоже сокращается.

Спрогнозируем индекс устойчивого развития с помощью эконометрической модели с учетом следующих факторов:

- для Пермского края – инвестиции в основной капитал, направленные на охрану атмосферного воздуха;

- Удмуртской Республики – инвестиции в основной капитал, направленные на охрану атмосферного воздуха, и УВ-эффективность производства;

- Свердловской области – инвестиции в основной капитал, направленные на охрану атмосферного воздуха, и УВ-эффективность производства.

Для всех регионов в качестве прогнозных значений факторов принимается прогноз по уравнению тренда, представленному ранее.

Для расчета прогнозных значений по Удмуртской Республике и Свердловской области нужно построить двухфакторные эконометрические модели, так как при построении прогноза необходимо учитывать все наиболее значимые факторы. Результаты расчетов, а также оценка качества и надежности моделей представлены в табл. 10–11.

Таблица 10. Расчет прогнозных значений индекса устойчивого развития для Пермского края

Table 10. Calculation of forecast values of the sustainable development index for Perm Krai

Год	Инвестиции в ОК, направленные на охрану атмосферного воздуха	Прогнозная протяженность	Доверительный интервал	Оптимистичный прогноз	Пессимистичный прогноз
2020	2,75100	$0,62414 + 0,03133 \times 2,75100 = 0,71032$	$2,3646 \times 0,07331 = 0,17336$	$0,71032 + 0,17336 = 0,88$	$0,71032 - 0,17336 = 0,54$
2021	3,86790	$0,62414 + 0,03133 \times 3,86790 = 0,74532$	$2,3646 \times 0,07331 = 0,17336$	$0,74532 + 0,17336 = 0,92$	$0,74532 - 0,17336 = 0,57$
2022	5,24680	$0,62414 + 0,03133 \times 5,24680 = 0,78851$	$2,3646 \times 0,07331 = 0,17336$	$0,78851 + 0,17336 = 0,96$	$0,78851 - 0,17336 = 0,62$

Источник: рассчитано авторами на основе полученных моделей (= compiled by authors)

Таблица 11. Результаты построения эконометрической модели от двух факторов по регионам

Table 11. The results of developing an econometric two-factor model by region

Показатель	Регион	Модель	Линейный коэффициент корреляции r	Коэффициент детерминации $R = r^2$	F-критерий Фишера		Средняя ошибка аппроксимации A , %	Среднее квадратичное отклонение σ
					расч.	табл.		
УВ-эффективность производства + инвестиции в ОК, направленные на охрану атмосферного воздуха	Удмуртская Республика	$Y = 0,45145 + 0,00956 \times X_5 + 0,00937 \times X_6$	0,97 (связь сильная)	$R = 0,9323$ (93,23 % случаев изменения обоих факторов приводит к изменению ИУР)	41,33	5,14	0,044	0,026
	Свердловская область	$Y = 0,46796 + 0,01466 \times X_5 + 0,00623 \times X_6$	0,99 (связь сильная)	$R = 0,9811$ (98,11 % случаев изменения обоих факторов приводит к изменению ИУР)	155,46	5,14	0,005	0,009

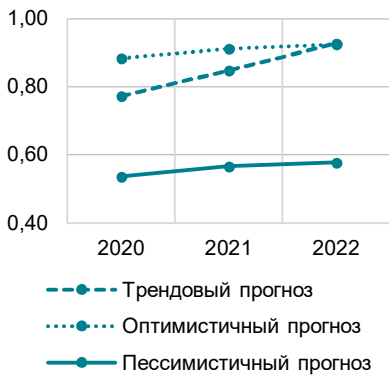


Рис. 2. Прогнозные значения индекса устойчивого развития Пермского края

Fig. 2 Forecast values of Perm Krai sustainable development Index

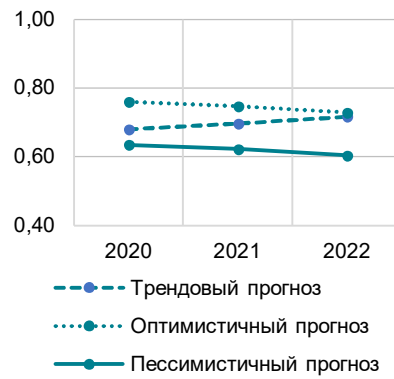


Рис. 3. Прогнозные значения индекса устойчивого развития Удмуртской Республики

Fig. 3. Forecast values of the sustainable development index of the Udmurt Republic

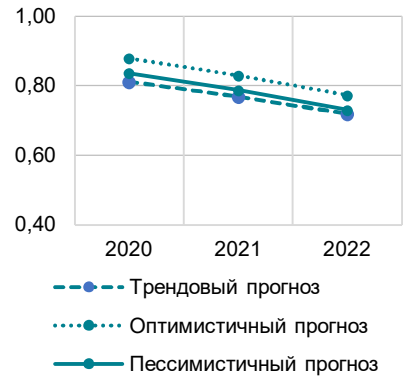


Рис. 4. Прогнозные значения индекса устойчивого развития Свердловской области

Fig. 4. Forecast values of the sustainable development index of Sverdlovsk Region

Этап апробации модели, учитывающей результаты инвестиционной деятельности, направленной на реализацию «низкоуглеродной» стратегии развития, сформирован для двух регионов, продемонстрировавших высшую степень зависимости этих показателей от индекса устойчивого роста. В Пермском крае инвестиционная деятельность направлена на приобретение инновационного оборудования, в Удмуртской Республике и Свердловской области аналогичные проекты уже реализованы. Расчет основных показателей приведен в табл. 12.

Таблица 12. Сводная таблица экономического эффекта и ИУР

Table 12. Overall economic impact and sustainable development index

Показатель	Значение
1. Количество приобретаемых установок для улавливания УВ, шт.	1
2. Годовое сокращение выбросов углеводородов, тыс. м ³	15 569,767
3. Экономия затрат, связанных с потерей дополнительного объема газа для транспортировки, тыс. руб.	305 137,583
4. Стоимостная оценка инвестиций, млн руб.	26,4
5. Экономический эффект, тыс. руб.	278 737,583
6. Увеличение индекса устойчивого развития, после мероприятия, %	16,2
<i>Источник: составлено авторами на основе результатов оценки приведенных расчетов (= compiled by authors)</i>	

Таким образом, согласно прогнозным значениям индекса устойчивого развития Пермского края, реализация даже одной про-

граммы сокращения выбросов углеводородов в атмосферу одним предприятием нефтегазового сектора приведет к росту экономики региона на 16,2 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях роста уровня деградации окружающей среды, обусловленного расширением производственной деятельности крупных нефтегазовых предприятий, появляется потребность в поиске новых, альтернативных вариантов решения данной проблемы. Однако научное обеспечение управления вопросами в области охраны окружающей среды недостаточно не только в части практического инструментария, но и в плане теоретической и методологической проработки. Представленный в статье механизм формирования критериев оценки достижения целей устойчивого развития на базе «низкоуглеродной» экономики позволил разработать авторскую методику комплексной оценки влияния проектной деятельности на реализацию целей устойчивого развития региона. Методика может быть положена в основу разработки отдельных направлений в стратегии развития регионов, что соответствует одной из групп подходов, предложенных А. А. Волошинской [22]. Использование обоснованных с помощью макроэкономического анализа показателей стратегии позволит отразить и обосновать соответствие це-

левых индикаторов развития регионов и заложенных в стратегию их развития показателей в соотношении с целями устойчивого развития.

Разработанная методика была апробирована на примере предприятий группы «Газпром» и показала хорошие результаты: с ее помощью составлен прогноз изменения параметров от инвестиционной деятельности в инновационные проекты [23].

Таким образом, авторский подход и разработанный на его основе методический инструментарий принципиально отличаются от предлагаемых в литературе разработок, пре-

дусматривающих выбор и формирование показателей оценки уровня устойчивого развития регионов. Они позволили сформулировать и доказать гипотезы о том, что для региональных структур, сходных по основным параметрам развития, можно сформировать единую систему параметров социально-эколого-экономического развития и что существует механизм влияния инвестиционных программ предприятий – лидеров нефтегазового сектора, направленных на реализацию целей «низкоуглеродной» экономики, на интегральные показатели устойчивого развития региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Козырь Н. С.* Стратегия пространственного развития: проблемы идентификации перспективных экономических специализаций субъектов РФ // *Экономические стратегии*. 2021. Т. 23, № 2. С. 16–21. doi: [10.33917/es-2.176.2021.16-21](https://doi.org/10.33917/es-2.176.2021.16-21)
2. *Агеев А. И., Золотарева О. А.* Метрики устойчивости экономического развития ЕАЭС: проблема «ядра» системы показателей и пороговых значений // *Экономические стратегии*. 2021. № 5. С. 54–65. doi: [10.33917/es-5.179.2021.54-65](https://doi.org/10.33917/es-5.179.2021.54-65)
3. *Черешнев В. А., Куклин А. А., Боярских А. И.* Оценка «зеленого» потенциала территорий // *Управление*. 2015. № 6/58. С. 57–65.
4. *Anastas P. T., Warner J. C.* *Green Chemistry: Theory and Practice*. New York: Oxford University Press, 1998. 30 p.
5. *Busch T., Friede G.* The Robustness of the Corporate Social and Financial Performance Relation: A Second-Order Meta-Analysis // *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*. 2018. Vol. 25, iss. 4. P. 583–608. doi: [10.1002/csr.1480](https://doi.org/10.1002/csr.1480)
6. *Tasri E. S.* Analysis of green economic growth concept in the ASEAN countries // *International Journal of Management and Applied Science*. 2016. Vol. 2, iss. 10. P. 13–17.
7. *Alexander D., Blum V.* Ecological economics: A Luhmannian analysis of integrated reporting // *Ecological Economics*. 2016. Vol. 129. P. 241–251. doi: [10.1016/j.ecolecon.2016.06.020](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.06.020)
8. *Qiu Y., Shaukat A., Tharyan R.* Environmental and social disclosures: Link with corporate financial performance // *The British Accounting Review*. 2016. Vol. 48, iss. 1. P. 102–116. doi: [10.1016/j.bar.2014.10.007](https://doi.org/10.1016/j.bar.2014.10.007)
9. *Diaye M. A., Ho S. H., Oueghlissi R.* ESG performance and economic growth: A panel co-integration analysis // *Empirica*. 2022. Vol. 49. P. 99–122. doi: [10.1007/s10663-021-09508-7](https://doi.org/10.1007/s10663-021-09508-7)
10. *Brühl V.* Green Finance in Europe – Strategy, Regulation and Instruments // *Intereconomics*. 2021. Vol. 56. P. 323–330. doi: [10.1007/s10272-021-1011-8](https://doi.org/10.1007/s10272-021-1011-8)
11. *Ануфриев В. П.* Энергоэффективность – проблема комплексная // *Академия энергетики*. 2009. № 5 (31). С. 36–40.
12. *Иванова И. А., Игнатьева М. В.* Эконометрическое моделирование как инструмент регулирования устойчивости промышленного сектора экономики региона // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 6. С. 394–400.
13. *Дауров А. Р.* Методы оценки устойчивого развития экономики регионов // *Экономика и эффективность организации производства*. 2011. № 15. С. 33–36.
14. *Кисилев В. В.* Экономико-математическое моделирование процессов устойчивого развития региона // *Государственное и муниципальное управление. Ученые записки СКАГС*. 2009. № 3. С. 73–77.
15. *Kühnen M., Silva S., Beckmann J., Eberle U., Hahn R., Hermann Ch., Schaltegger S., Schmid M.* Contributions to the sustainable development goals in life cycle sustainability assessment: Insights from the Handprint research project // *Sustainability Management Forum*. 2019. Vol. 27. P. 65–82. doi: [10.1007/s00550-019-00484-y](https://doi.org/10.1007/s00550-019-00484-y)
16. *Быкова Е. С., Пономарева С. В., Большакова А. В.* Инструменты оценки уровня экологизации в стратегическом планировании предприятия химической промышленности // *Россия в XXI веке: глобальные вызовы и перспективы развития: материалы Седьмого междунар. форума / под общ. ред. В. А. Цветкова*. М.: Изд-во Ин-та проблем рынка РАН, 2018. С. 358–366.

17. Таскаева А. А. Прогнозирование показателей интенсивности выбросов и углеродной эффективности на трех уровнях экономической системы // *Master's Journal* (Журнал магистров). 2020. № 2. С. 138–146.

18. Третьякова Е. А., Миролюбова Т. В., Мыслякова Ю. Г., Шамова Е. А. Методический подход к комплексной оценке устойчивого развития региона в условиях экологизации экономики // *Вестник Уральского федерального университета. Серия: Экономика и управление*. 2018. Т. 17, № 4. С. 651–669. doi: [10.15826/vestnik.2018.17.4.029](https://doi.org/10.15826/vestnik.2018.17.4.029)

19. Третьякова Е. А., Алферова Т. В., Пухова Ю. И. Анализ методического инструментария оценки устойчивого развития промышленных предприятий // *Вестник Пермского университета. Сер. «Экономика»*. 2015. № 4 (27). С. 132–139.

20. Голованов Е. Б. Методический подход в оценке устойчивого развития региональной экономики // *Современные технологии управления*. 2015. № 3 (51). С. 23–29.

21. Лобова Е. С., Мамаева Л. Н. Методологическая основа формирования метрики стратегического управления предприятием относительно концепции низкоуглеродной экономики // *Вестник Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова*. 2022. Т. 19, № 2 (122). С. 57–64. doi: [10.21686/2413-2829-2022-2-57-64](https://doi.org/10.21686/2413-2829-2022-2-57-64)

22. Волошинская А. А. Оценка качества стратегий социально-экономического развития: как выбрать лучший подход? // *Экономические стратегии*. 2019. № 8. С. 134–139. doi: [10.33917/es-8.166.2019.134-139](https://doi.org/10.33917/es-8.166.2019.134-139)

23. Mingaleva Z., Lobova E., Timofeev, G., Poroshin I. Implementation of Innovative Technologies and Directions of Digitalization of the Gas Transportation Sector // *Antipova T. (eds.). Digital Science. DSIC 2021. Lecture Notes in Networks and Systems. Vol. 381. Springer, Cham., 2022. P. 26–37. doi: [10.1007/978-3-030-93677-8_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-93677-8_3)*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Елена Сергеевна Лобова – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления промышленным предприятием, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29; e-mail: elena.bykova555@yandex.ru).

Алёна Андреевна Таскаева – ведущий специалист-эксперт отдела региональных счетов и балансов, Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю (Россия, 614016, г. Пермь, ул. Революции, 66; e-mail: alenska.tas@yandex.ru).

Татьяна Васильевна Пащенко – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры учета, аудита и экономического анализа, Пермский государственный национальный исследовательский университет (Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; e-mail: econ317psu@yandex.com).

Светлана Львовна Жуковская – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры учета, аудита и экономического анализа, Пермский государственный национальный исследовательский университет (Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; e-mail: svlvzh@yandex.ru).

REFERENCES

1. Kozyr' N. S. Strategiya prostranstvennogo razvitiya: problemy identifikatsii perspektivnykh ekonomicheskikh spetsializatsii sub"ektov RF [Spatial development strategy: Identification problems of the Russian promising economic specializations]. *Ekonomicheskie strategii* [Economic Strategies], 2021, vol. 23, no. 2, pp. 16–21. (In Russian). doi: [10.33917/es-2.176.2021.16-21](https://doi.org/10.33917/es-2.176.2021.16-21)

2. Ageev A. I., Zolotareva O. A. Metriki ustoichivosti ekonomicheskogo razvitiya EAES: problema «yadra» sistemy pokazatelei i porogovykh znachenii [Sustainability metrics of EAEU economic development: Issues of core for indicators and thresholds]. *Ekonomicheskie strategii* [Economic Strategies], 2021, no. 5, pp. 54–65. (In Russian). doi: [10.33917/es-5.179.2021.54-65](https://doi.org/10.33917/es-5.179.2021.54-65)

3. Chereshev V. A., Kuklin A. A., Boyarskikh A. I. Otsenka «zelenogo» potentsiala territorii [Assessment of green territory potential]. *Upravlenets* [The Manager], 2015, no. 6/58, pp. 57–65. (In Russian).

4. Anastas P. T., Warner J. C. *Green Chemistry: Theory and Practice*. New York, Oxford University Press, 1998. 30 p.

5. Busch T., Friede G. The Robustness of the Corporate Social and Financial Performance Relation: A Second-Order Meta-Analysis. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 2018, vol. 25, iss. 4, pp. 583–608. doi: [10.1002/csr.1480](https://doi.org/10.1002/csr.1480)

6. Tasri E. S. Analysis of green economic growth concept in the ASEAN countries. *International Journal of Management and Applied Science*, 2016, vol. 2, iss. 10, pp. 13–17.
7. Alexander D., Blum V. Ecological economics: A Luhmannian analysis of integrated reporting. *Ecological Economics*, 2016, vol. 129, pp. 241–251. doi: [10.1016/j.ecolecon.2016.06.020](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.06.020)
8. Qiu Y., Shaukat A., Tharyan R. Environmental and social disclosures: Link with corporate financial performance. *The British Accounting Review*, 2016, vol. 48, iss. 1, pp. 102–116. doi: [10.1016/j.bar.2014.10.007](https://doi.org/10.1016/j.bar.2014.10.007)
9. Diaye M. A., Ho S. H., Oueghlissi R. ESG performance and economic growth: A panel co-integration analysis. *Empirica*, 2022, vol. 49, pp. 99–122. doi: [10.1007/s10663-021-09508-7](https://doi.org/10.1007/s10663-021-09508-7)
10. Brühl V. Green finance in Europe – strategy, regulation and instruments. *Intereconomics*, 2021, vol. 56, pp. 323–330. doi: [10.1007/s10272-021-1011-8](https://doi.org/10.1007/s10272-021-1011-8)
11. Anufriev V. P. Energoeffektivnost' – problema kompleksnaya [Energy efficiency – a multifaceted problem]. *Akademiya energetiki* [Academy of Energy], 2009, no. 5 (31), pp. 36–40. (In Russian).
12. Ivanova I. A., Ignat'eva M. V. Ekonometricheskoe modelirovanie kak instrument regulirovaniya ustoichivosti promyshlennogo sektora ekonomiki regiona [Econometric modeling for stability control industrial sector of the region]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2014, no. 6, pp. 394–400. (In Russian).
13. Daurov A. R. Metody otsenki ustoichivogo razvitiya ekonomiki regionov [Assessment methods for sustainable development of regional economies]. *Ekonomika i effektivnost' organizatsii proizvodstva* [Economy and Efficiency of Production Management], 2011, no. 15, pp. 33–36. (In Russian).
14. Kisilev V. V. Ekonomiko-matematicheskoe modelirovanie protsessov ustoichivogo razvitiya regiona [Economic mathematical modeling of region's sustainable development processes]. *Gosudarstvennoe i munitsipal'noe upravlenie. Uchenye zapiski SKAGS* [State and Municipal Management. Scientific Notes of SKAGS], 2009, no. 3, pp. 73–77. (In Russian).
15. Kühnen M., Silva S., Beckmann J., Eberle U., Hahn R., Hermann Ch., Schaltegger S., Schmid M. Contributions to the sustainable development goals in life cycle sustainability assessment: Insights from the Handprint research project. *Sustainability Management Forum*, 2019, vol. 27, pp. 65–82. doi: [10.1007/s00550-019-00484-y](https://doi.org/10.1007/s00550-019-00484-y)
16. Bykova E. S., Ponomareva S. V., Bol'shakova A.V. Instrumenty otsenki urovnya ekologizatsii v strategicheskom planirovanii predpriyatiya khimicheskoi promyshlennosti [Greening assessment tools in strategic planning for a chemical enterprise]. *Rossiya v XXI veke: global'nye vyzovy i perspektivy razvitiya* [Russia in XXI century: Global Challenges and Development Prospects]. Moscow, Izd-vo In-ta problem rynka RAN Publ., 2018, pp. 358–366. (In Russian).
17. Taskaeva A. A. Prognozirovanie pokazatelei intensivnosti vybrosov i uglerodnoi effektivnosti na trekh urovnyakh ekonomicheskoi sistemy [Forecasting emission intensity and carbon efficiency indicators at three levels of the economic systems]. *Master's Journal*, 2020, no. 2, pp. 138–146. (In Russian).
18. Tretyakova E. A., Mirolyubova T. V., Myslyakova Yu. G., Shamova E. A. Metodicheskii podkhod k kompleksnoi otsenke ustoichivogo razvitiya regiona v uslovii ekologizatsii ekonomiki [Methodological approach to the complex assessment of the sustainable region development in the condition of greening the economy]. *Vestnik Ural'skogo federal'nogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravlenie* [Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management], 2018, vol. 17, no. 4, pp. 651–669. (In Russian). doi: [10.15826/vestnik.2018.17.4.029](https://doi.org/10.15826/vestnik.2018.17.4.029)
19. Tretyakova E. A., Alferova T. V., Pukhova Yu. I. Analiz metodicheskogo instrumentariya otsenki ustoichivogo razvitiya promyshlennykh predpriyatii [Assessment of industrial enterprises' sustainable development: analysis of methods]. *Vestnik Permskogo universiteta. Ser. "Ekonomika"* [Perm University Herald. Economy], 2015, no. 4 (27), pp. 132–139. (In Russian).
20. Golovanov E. B. Metodicheskii podkhod v otsenke ustoichivogo razvitiya regional'noi ekonomiki [Methodological assessment approach to sustainable development of regional economy]. *Sovremennye tekhnologii upravleniya* [Modern Management Technologies], 2015, no. 3 (51), pp. 23–29. (In Russian).
21. Lobova E. S., Mamaeva L. N. Metodologicheskaya osnova formirovaniya metriki strategicheskogo upravleniya predpriyatiem otnositel'no kontseptsii nizkouglerodnoi ekonomiki [Methodological basics for shaping metrics of strategic management by the enterprise in view of low-carbon economy concept]. *Vestnik Rossiiskogo ekonomicheskogo universiteta im. G. V. Plekhanova* [Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics], 2022, vol. 19, no. 2 (122), pp. 57–64. (In Russian). doi: [10.21686/2413-2829-2022-2-57-64](https://doi.org/10.21686/2413-2829-2022-2-57-64)

22. Voloshinskaya A. A. Otsenka kachestva strategii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya: kak vybrat' luchshii podkhod? [Assessing the quality of socio-economic development strategies: How to choose the best approach?]. *Ekonomicheskie strategii* [Economic Strategies], 2019, no. 8, pp. 134–139. (In Russian). doi: [10.33917/es-8.166.2019.134-139](https://doi.org/10.33917/es-8.166.2019.134-139)

23. Mingaleva Z., Lobova E., Timofeev G., Poroshin I. Implementation of Innovative Technologies and Directions of Digitalization of the Gas Transportation Sector. In a book: *Digital Science. DSIC 2021. Lecture Notes in Networks and Systems*. Ed. by T. Antipova, Springer, Cham., 2022, vol. 381., pp. 26–37. doi: [10.1007/978-3-030-93677-8_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-93677-8_3)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Elena Sergeevna Lobova – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Industrial Management, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky Prospekt, Perm, 614990, Russia; e-mail: elena.bykova555@yandex.ru).

Alyona Andreevna Taskaeva – Leading Specialist-Expert at the Department of Regional Accounts and Balances, Regional Office of the Federal State Statistics Service for Perm Krai (66, Revolyutsii st., Perm, 614016, Russia; e-mail: alenska.tas@yandex.ru).

Tatiana Vasilevna Pashchenko – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Accounting, Audit and Economic Analysis, Perm State University (15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia; e-mail: econ317psu@yandex.com).

Svetlana Lvovna Zhukovskaya – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Accounting, Audit and Economic Analysis, Perm State University (15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia; e-mail: svlvzh@yandex.ru).

Статья поступила в редакцию 31.05.2022, принята к печати 24.08.2022

Received May 31, 2022; accepted August 24, 2022