



**ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ  
ХОЗЯЙСТВОМ / ECONOMICS AND MANAGEMENT  
OF NATIONAL ECONOMY**

УДК 33:574(470+571)

DOI: 10.15507/2413-1407.117.029.202104.746-767

Научная статья

<http://regionsar.ru>

ISSN 2587-8549 (Print)

ISSN 2413-1407 (Online)

**Эколого-экономические предпосылки перехода России  
к низкоуглеродной экономике**



**Н. Н. Яшалова<sup>1\*</sup>**



**Д. А. Рубан<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Череповецкий государственный университет  
(г. Череповец, Российская Федерация),  
\*natalij2005@mail.ru*

<sup>2</sup>*Московский государственный университет технологий и управления  
им. К. Г. Разумовского (Первый казачий университет)  
(г. Москва, Российская Федерация)*

**Аннотация**

**Введение.** Эколого-климатические проблемы Российской Федерации привлекают значительное внимание ученых, политиков и общественности. Антропогенная деятельность является одной из основных причин загрязнения окружающей среды и глобального потепления, что требует поиска нового пути экономического развития, уменьшающего негативное воздействие на окружающую среду. В качестве такого ориентира в статье рассматривается низкоуглеродная экономика, направленная на одновременное решение экономических, экологических и климатических проблем. Цель статьи – на основе проведенного исследования обозначить субъекты Российской Федерации, в которых наиболее целесообразно осуществлять реализацию пилотных проектов по переходу предприятий и городов на низкоуглеродное развитие, а полученный опыт в перспективе применять в других регионах страны.

**Материалы и методы.** Проанализированы данные Федеральной службы государственной статистики и Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации по 20 субъектам страны с наибольшей численностью населения. Для

© Яшалова Н. Н., Рубан Д. А., 2021



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.  
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License.



выявления регионов-лидеров по различным видам загрязнения был применен метод ранжирования данных, а также проведен анализ относительных показателей природоохранности по выбросам в атмосферный воздух, по сбросам загрязненных сточных вод и по образованию твердых коммунальных отходов.

**Результаты исследования.** Проведенный анализ показал неоднородность эколого-экономического развития субъектов Российской Федерации. Сделан вывод, что среди рассмотренных регионов наиболее целесообразно внедрение пилотных проектов по низкоуглеродному развитию в городах и на «грязных» производствах Кемеровской, Свердловской, Челябинской областей и Красноярского края.

**Обсуждение и заключение.** Результаты исследования могут быть использованы при разработке природоохранных программ, а также при выработке направлений по смягчению экологических последствий в наиболее загрязненных регионах страны и на природоёмких производствах.

*Ключевые слова:* экология, экономика, регион, население, предприятие, город, низкоуглеродная экономика, стимулирование

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*Для цитирования:* Яшалова Н. Н., Рубан Д. А. Эколого-экономические предпосылки перехода России к низкоуглеродной экономике // Регионология. 2021. Т. 29, № 4. С. 746–767. doi: <https://doi.org/10.15507/2413-1407.117.029.202104.746-767>

Original article

## Environmental and Economic Prerequisites for Russia's Transition to a Low-Carbon Economy

N. N. Yashalova<sup>a\*</sup>, D. A. Ruban<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Cherepovets State University (Cherepovets, Russian Federation),

\* natalij2005@mail.ru

<sup>b</sup> K. G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (The First Cossack University) (Moscow, Russian Federation)

### Abstract

**Introduction.** Environmental and climatic problems of the Russian Federation have attracted considerable attention from scientists, politicians, as well as the general public. Human activities are a major cause of pollution and global warming, which necessitates the search for a new way of economic development reducing the adverse impact on the environment. The authors consider a low-carbon economy aimed at simultaneously solving economic, environmental, and climatic problems as such a guideline. Based on the research conducted the article identifies the constituent entities of the Russian Federation in which pilot projects for the transition of enterprises and cities to low-carbon development are most expedient to implement. The gained experience should be applied in other regions of the country in the future.

**Materials and Methods.** Data from the Federal State Statistics Service and the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation on 20 most populated constituent entities of the country were analyzed. In order to identify the regions with the largest volumes of various types of pollution, the data ranking method was applied. The authors have also carried out an analysis of relative indicators of natural resource intensity associated with emission into the atmosphere, discharges of polluted wastewater, and production of municipal solid waste.



**Results.** The performed analysis has shown the heterogeneity of the environmental and economic development of the constituent entities of the Russian Federation. It has been concluded that among the regions considered, it is most expedient to implement pilot projects for low-carbon development in cities and in “polluting” industries located in the Kemerovo, Sverdlovsk, and Chelyabinsk Regions, as well as in the Krasnoyarsk Territory.

**Discussion and Conclusion.** The results of the study can be used in the development of environmental programs, as well as in the development of directions for mitigating the environmental impact in the most polluted regions of the country and in industries with high natural resource intensity.

*Keywords:* ecology, economy, region, population, enterprise, city, low-carbon economy, incentives

*The authors declare that there is no conflict of interest.*

*For citation:* Yashalova N.N., Ruban D.A. Environmental and Economic Prerequisites for Russia’s Transition to a Low-Carbon Economy. *Regionology* = Russian Journal of Regional Studies. 2021; 29(4):746-767. doi: <https://doi.org/10.15507/2413-1407.117.029.202104.746-767>

**Введение.** Повесткой дня во многих странах мира, включая Российскую Федерацию, остается одна из глобальных экологических проблем – изменение климата. Связано это как с естественными процессами, происходящими на планете, так и с антропогенным влиянием. В определенной мере можно утверждать, что климатическая проблема существенно актуализировала экологическую тематику в научных, общественных и политических кругах, а также формирование у общества экологического сознания. Предлагаемые мероприятия по снижению парниковых выбросов также будут положительно влиять на рациональное потребление природных ресурсов, развитие безотходных технологий, экологическое воспитание и т. д. Согласно отчетам Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК, Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)<sup>1</sup>, территории с высокой концентрацией промышленности и высокой плотностью населения в скором времени столкнутся с существенными воздействиями изменения климата.

Абсолютная численность населения в Российской Федерации увеличилась со 143,2 млн чел. в 2005 г. до 146,7 млн чел. в 2019 г., при этом доля городского населения за этот же период возросла с 73,2 до 74,7 %<sup>2</sup>. Эти данные позволяют предположить, что при высокой численности населения и увеличении доли городских жителей негативные экологические проявления в субъектах Российской Федерации будут усиливаться. Высокая концентрация промышленных предприятий и транспортных средств в городах, нехватка зеленых насаждений, рост твердых бытовых отходов – все это негативным

<sup>1</sup> Официальный сайт Межправительственной группы экспертов по изменению климата. URL: <https://www.ipcc.ch> (дата обращения: 05.05.2021).

<sup>2</sup> Регионы России. Социально-экономические показатели. 2020 : Стат. сб. / Росстат. М., 2020. 1242 с.



образом сказывается на состоянии водных и земельных ресурсов, атмосферного воздуха, а главное – на здоровье населения страны.

Следовательно, реализация мероприятий, направленных на стабилизацию повышения температуры и смягчение последствий от изменения климата, особенно в крупных городах промышленных регионов Российской Федерации, не требует отлагательств. Бездействие в решении экологических проблем будет увеличивать количество экстремальных погодных явлений, техногенных аварий и других негативных процессов, приводящих к ущербу.

Низкоуглеродное развитие территорий – приоритетное направление низкоуглеродной экономики (low-carbon economy), концепция которой активно продвигается во многих странах мира, включая Россию. Так, одним из последних проектных документов является Стратегия долгосрочного развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года<sup>3</sup>, направленная на обеспечение перехода страны на путь диверсифицированного экономического развития, характеризующегося низким уровнем выбросов парниковых газов.

Экологически ориентированное развитие субъектов Российской Федерации становится одной из ведущих задач государственного управления. В настоящее время в состав России входят 85 субъектов. Между ними сохраняется высокая степень социально-экономической дифференциации<sup>4</sup> [1–4], что отражается не только на благосостоянии населения, но и на экологической обстановке этих территорий. Неравномерное развитие российских регионов объясняют различиями в их протяженности, национальном составе, историко-культурном наследии, природных ресурсах, размещении промышленных объектов и сельскохозяйственных площадей, а также другими причинами.

Стоит заметить, что переход к устойчивому эколого-экономическому развитию Российской Федерации возможен только при устойчивом развитии всех территорий страны. Очевидно, что крупные промышленные и сельскохозяйственные предприятия вносят наибольший вклад в развитие региона, а также в величину показателей региональной статистики. Как правило, экономический рост субъектов Российской Федерации, на которых расположены предприятия энергетики, металлургии, химического производства и др., влечет за собой ухудшение атмосферного воздуха, качества воды и других экологических параметров, которые, в целом, негативно отражаются на здоровье и качестве жизни населения. Интенсивное ведение сельского хозяйства приводит к истощению почв, а избыточное использование удобрений – к загрязнению природных систем.

<sup>3</sup> Проект Стратегии долгосрочного развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года [Электронный ресурс]. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/file/babacbb75d32d90e28d3298582d13a75/proekt\\_strategii.pdf](https://www.economy.gov.ru/material/file/babacbb75d32d90e28d3298582d13a75/proekt_strategii.pdf) (дата обращения: 05.05.2021).

<sup>4</sup> Атлас экономической специализации регионов России / В. Л. Абашкин [и др.]. М. : НИУ ВШЭ, 2021. 264 с.



Цель статьи – на основе проведенного анализа статистических данных обозначить субъекты Российской Федерации, в которых наиболее целесообразно начинать реализацию пилотных проектов по переходу предприятий и городов этих регионов на низкоуглеродное развитие, а полученный опыт в перспективе применять в других регионах страны.

**Обзор литературы.** Термин «низкоуглеродная экономика» не зафиксирован в официальных документах, однако он нашел широкое применение во многих сферах хозяйственной деятельности за счет заложенных в такую экономику принципов энергоэффективности и энергосбережения. Снижение выбросов парниковых газов, повышение энергоэффективности и уменьшение энергоемкости, увеличение доли возобновляемых источников энергии – основа низкоуглеродной экономики. В определенной степени можно утверждать, что энергетическая, экологическая и климатическая политики находятся в тесной взаимосвязи [5].

Российские и зарубежные ученые принимают активное участие в обсуждении и продвижении вопросов, связанных с новыми моделями эколого-экономического развития. В частности, в научных работах С. Н. Бобылева [6], Б. Н. Порфирьева [7; 8], И. М. Потравного [9], И. А. Башмакова [10], С. В. Ратнер [11], О. В. Кудрявцевой [12], И. С. Белик<sup>5</sup> особый акцент делается на реализацию целей устойчивого развития, решение проблем климатических изменений, развитие альтернативной энергетики, активную поддержку декарбонизации национальной экономики.

Из последних зарубежных публикаций особенно следует выделить работы ученых, которые подошли к решению вопросов низкоуглеродного развития на примере городских территорий. Так, отметим исследование китайских ученых, которые разработали систему оценки качества развития городов с низким уровнем выбросов углерода [13]. Заслуживает внимания работа Я. Чжан с соавторами, в которой проводится моделирование городской экспансии в направлении низкоуглеродного развития и доказывается, что стратегии управления выбросами углерода влияют на устойчивое городское развитие [14]. Японские ученые проанализировали пространственное распределение выбросов CO<sub>2</sub> в Японии и Южной Корее в городах с самой высокой углеродоемкостью и предложили реализацию в них политики локализованного сокращения выбросов [15]. Интересный подход к городскому планированию для содействия гармонизации экологической среды и города представлен в публикации Ш. Гао и Х. Чжан [16].

Особый акцент в работах отечественных и зарубежных ученых делается на развитие новых технологий, сокращающих выбросы парниковых газов. К примеру, исследователи под руководством Л. Рен проводят анализ пилотных проектов по технологическому совершенствованию черной металлургии

<sup>5</sup> Механизмы реализации концепции низкоуглеродного развития экономики : моногр. / И. С. Белик [и др.]. Уфа : ОмегаСайнс, 2016. 119 с.



и демонстрируют потенциал технологий сверхнизких выбросов CO<sub>2</sub> по этому виду деятельности [17]. Д. О. Гил, Д. И. Чоудхури и их соавторы обосновывают интеграцию возобновляемых источников энергии в новые жилищные комплексы с применением низкоуглеродных технологий [18]. Не меньшее внимание подобного рода разработкам уделяют российские ученые. Так, С. П. Филиппов и А. В. Кейко демонстрируют высокий потенциал для применения парагазовых установок с внутрицикловой газификацией угля в низкоуглеродной энергетике [19]. О. В. Титова, Я. Г. Кузнецова исследуют проблему производства низкоуглеродистой стали [20], а И. А. Башмаков с соавторами – внедрение низкоуглеродных технологий в зданиях [21].

Проведенный обзор научной литературы по современному состоянию развития низкоуглеродной экономики показывает, что эколого-климатические проблемы являются общемировыми. В настоящее время идет активный поиск новых решений в сфере энергосберегающих технологий, позволяющих снизить выбросы CO<sub>2</sub>. Что касается экономической составляющей, то здесь острым остается вопрос финансирования и эффективности подобного рода инноваций. Следовательно, дальнейшее проведение исследований по активизации перехода к низкоуглеродной экономике остается актуальным. Стоит добавить, что подобные исследования хорошо укладываются в современный научный дискурс относительно региональных инновационных систем, само создание которых уже несколько десятилетий рассматривается в контексте решения экологических проблем отдельных территорий и придания их развитию экологической и социально-экономической устойчивости.

**Материалы и методы.** В рамках настоящего исследования проведен статистический анализ данных за 2019 г., взятых из опубликованных в свободном доступе документов Росстата и Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. В таблице 1 представлены выборочные исходные данные по 20 наиболее населенным субъектам Российской Федерации. Помимо численности населения этих регионов дополнительно в таблице 1 представлена информация по выбросам загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников, по сбросам загрязненных сточных вод, по образованию твердых коммунальных отходов, по расходам на охрану окружающей среды, а также величине валового регионального продукта (ВРП).

В рассматриваемых 20 субъектах Российской Федерации проживает 56,7 % всего населения страны и формируется 47,7 % валового внутреннего продукта (ВВП). Предприятиями, размещаемыми в этих регионах, выбрасывается в атмосферный воздух 61,9 % от всех выбросов загрязняющих веществ по стране. На долю этих российских регионов приходится 56,6 % сбросов загрязненных сточных вод и 59,6 % образованных твердых коммунальных отходов. В связи с этим можно констатировать, что практически во всех рассматриваемых субъектах Федерации наблюдается значительная экологическая нагрузка на территорию и проживающее на ней население (табл. 1).



Таблица 1. Экологические и экономические показатели субъектов Российской Федерации за 2019 г.  
 Table 1. Environmental and economic performance indicators of the constituent entities of the Russian Federation for 2019

Субъект Российской Федерации / Constituent entity of the Russian Federation	Численность населения, тыс. чел. / Population, thousand people	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников, тыс. т / Emission of pollutants into the atmosphere from stationary sources, thousand tons	Сброс загрязненных сточных вод, млн м <sup>3</sup> / Discharge of polluted wastewater, million cubic meters	Образование твердых коммунальных отходов, млн т / Production of municipal solid waste, million tons	Расходы на охрану окружающей среды, млн руб. / Environmental protection costs, million rubles	ВРП, млрд руб. / Gross regional product, billion rubles
1	2	3	4	5	6	7
В целом по России / Russia as a whole	146 748,6	17 295	12 602	61 147,7	871 993	94 831,1
Москва / Moscow	12 678,1	75	820	5 529,5	45 266	19 673,0
Московская область / Moscow Region	7 690,9	189	870	12 223,7	43 705	5 128,4
Краснодарский край / Krasnodar Territory	5 675,5	432	732	974,3	12 753	2 569,8
Санкт-Петербург / St. Petersburg	5 398,1	67	975	189,4	15 804	5 125,0

<sup>6</sup> О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 г. Государственный доклад. М.: Минприроды России; МГУ им. М. В. Ломоносова, 2020. 1000 с.; Регионы России. Социально-экономические показатели. 2020 : Стат. сб.; Окружающая среда [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики : сайт. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11194> (дата обращения: 05.05.2021).



*Продолжение табл. 1 / Continuation of table 1*

1	2	3	4	5	6	7
Свердловская область / Sverdlovsk Region	4 310,7	898	567	2 448,5	27 807	2 529,5
Ростовская область / Rostov Region	4 197,8	158	202	2 063,2	5 924	1 516,6
Республика Башкортостан / Republic of Bashkortostan	4 038,1	471	236	941,7	16 785	1 810,1
Республика Татарстан / Republic of Tatarstan	3 902,9	290	286	1 232,8	26 841	2 795,9
Тюменская область / Tyumen Region	3 756,5	2 220	197	807,7	55 156	8 919,1
Челябинская область / Chelyabinsk Region	3 466,3	493	230	859,1	17 086	1 545,6
Самарская область / Samara Region	3 179,5	254	366	1 410,3	16 240	1 687,9
Республика Дагестан / Republic of Dagestan	3 110,8	13	73	329,2	557	7 18,5
Нижегородская область / Nizhny Novgorod Region	3 203,0	162	313	897,3	14 739	1 621,9
Красноярский край / Krasnoyarsk Territory	2 866,2	2 432	318	1 331,9	40 383	2 692,2





Окончание табл. 1 / End of table 1

1	2	3	4	5	6	7
Ставропольский край / Stavropol Territory	2 803,6	102	159	910,1	5 282	827,0
Новосибирская область / Novosibirsk Region	2 798,2	136	85	816,2	4 107	1 409,2
Кемеровская область / Kemerovo Region	2 657,8	1760	303	506,1	17 198	1 110,4
Пермский край / Perm Territory	2 599,3	293	210	519,5	15 868	1 495,0
Волгоградская область / Volgograd Region	2 491,0	144	85	1 172,1	11 952	961,4
Саратовская область / Saratov Region	2 421,9	120	98	1 268,9	5 087	811,8
Итого (по 20 субъектам Российской Федерации) / Total (for 20 constituent entities of the Russian Federation)	83 246,2	10 709	7 125	36 431,5	398 540	45 275,3
Доля, % / Share, %	56,7	61,9	56,5	59,6	45,7	47,7



Также заметим, что суммарная доля затрат, приходящаяся на финансирование природоохранной деятельности в рассматриваемых регионах, составляет лишь 45,7 % от российского показателя.

На основании выборочных данных были рассчитаны наиболее применяемые в статистическом анализе индикаторы: минимальные и максимальные значения показателей, среднее арифметическое значение, медиана и коэффициент вариации (табл. 2).

Полученные значения коэффициентов вариации с высокой степенью изменчивости по отношению к среднему показателю выборки свидетельствуют о неоднородности совокупности рассматриваемых экологических данных. Этот факт объясняется очевидной неравномерностью распределения по регионам предприятий-загрязнителей и объемом выпускаемой ими продукции. Данная неоднородность также ярко проявляется по стоимостным показателям – валовому региональному продукту и расходам на охрану окружающей среды.

Исходя из абсолютных значений экологических показателей, можно выделить регионы-лидеры и регионы-аутсайдеры по тем или иным видам загрязнения, однако более корректным будет проведение анализа относительных показателей в виде расчета удельных величин природоемкости по выбросам в атмосферный воздух, по сбросам загрязненных сточных вод и образованию твердых коммунальных отходов, которые рассчитываются по данным таблицы 1 делением конкретного экологического показателя на величину ВРП (табл. 3). Например, природоемкость по выбросам в атмосферный воздух равна частному от деления величины выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников, на величину валового регионального продукта.

**Результаты исследования.** Очевидно, что если в субъекте Федерации размещено малое количество предприятий-загрязнителей или отсутствуют единичные, но при этом очень крупные «грязные» производства, то и экологические показатели будут существенно лучше, чем в регионе, где концентрируется производственная деятельность. Однако в то же время в экологически неблагополучных регионах, как правило, наблюдается наибольший прирост валового регионального продукта, более активно создаются новые рабочие места, а бюджеты всех уровней пополняются значительными налоговыми поступлениями. Сказанное в большей степени относится к промышленности. Что касается сельского хозяйства, то здесь надо учитывать, что оно создает экологическую нагрузку менее очевидным образом. При этом такая нагрузка пропорциональна площади земель сельскохозяйственного назначения в регионе. Более того, крупные агропромышленные холдинги часто оказываются более «чистыми», нежели разрозненные мелкие хозяйства, где используются устаревшие технологии, а применение удобрений и формирование прочей экологической нагрузки контролируется гораздо слабее.



Т а б л и ц а 2. Эколого-экономические параметры 20 субъектов Российской Федерации с наибольшей численностью населения  
 Table 2. Environmental and economic performance indicators of the 20 most populated constituent entities of the Russian Federation

Показатель / Indicator	Единицы измерения / Units of measurement	Минимальное значение / Minimum value	Максимальное значение / Maximum value	Среднее значение / Average value	Медианное значение / Median value	Коэффициент вариации, % / Coefficient of variation, %
Численность населения / Population size	тыс. чел. / thousand people	2 421,9	12 678,1	7 928,2	3 334,7	30,1
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников / Emission of pollutants into the atmosphere from stationary sources	тыс. т / thousand tons	13	2 432	1 019,9	221,5	71,3
Сброс загрязненных сточных вод / Discharge of polluted wastewater	млн м <sup>3</sup> / million cubic meters	73	975	356,3	261,0	78,6
Образование твердых коммунальных отходов / Production of municipal solid waste	млн т / million tons	189,4	12 223,7	1 821,6	2 448,5	148,1
Расходы на охрану окружающей среды / Environmental protection costs	млн руб. / million rubles	557	55 156	19 927	1 516,6	76,8
ВРП / Gross regional product	млрд руб. / billion rubles	718,5	19 673	3 247,4	1 810,1	133,7



Таблица 3. Относительные эколого-экономические показатели субъектов Российской Федерации за 2019 г.  
 Table 3. Relative environmental and economic performance indicators of the constituent entities of the Russian Federation for 2019

1	2	3	4	5
Субъект Российской Федерации / Constituent entity of the Russian Federation	Природоемкость по выбросам в атмосферный воздух, кг / тыс. руб. / Natural resource intensity associated with emission into the atmosphere, kilograms / thousand rubles	Природоемкость по сбросам сточных вод, м <sup>3</sup> / тыс. руб. / Natural resource intensity associated with discharges of polluted wastewater, cubic meters / thousand rubles	Отходоёмкость, т / тыс. руб. / Waste intensity, tons / thousand rubles	Доля расходов на охрану окружающей среды к ВРП, % / Proportion of environmental protection costs to gross regional product, %
Москва / Moscow	3,812	0,042	0,281	0,23
Московская область / Moscow Region	36,854	0,170	2,384	0,85
Краснодарский край / Krasnodar Territory	168,106	0,285	0,379	0,50
Санкт-Петербург / St. Petersburg	13,073	0,190	0,037	0,31
Свердловская область / Sverdlovsk Region	355,011	0,224	0,968	1,10
Ростовская область / Rostov Region	104,180	0,133	1,360	0,39
Республика Башкортостан / Republic of Bashkortostan	260,207	0,130	0,520	0,93
Республика Татарстан / Republic of Tatarstan	103,723	0,102	0,441	0,96



Окончание табл. 3 / End of table 3

1	2	3	4	5
Тюменская область / Tyumen Region	248,904	0,022	0,091	0,62
Челябинская область / Chelyabinsk Region	318,970	0,149	0,556	1,11
Самарская область / Samara Region	150,483	0,217	0,836	0,96
Республика Дагестан / Republic of Daghستان	18,093	0,102	0,458	0,08
Нижегородская область / Nizhny Novgorod Region	99,883	0,193	0,553	0,91
Красноярский край / Krasnoyarsk Territory	903,350	0,118	0,495	1,50
Ставропольский край / Stavropol Territory	123,337	0,192	1,100	0,64
Новосибирская область / Novosibirsk Region	96,509	0,060	0,579	0,29
Кемеровская область / Kemerovo Region	1585,014	0,273	0,456	1,55
Пермский край / Perm Territory	195,987	0,140	0,347	1,06
Волгоградская область / Volgograd Region	149,782	0,088	1,219	1,24
Саратовская область / Saratov Region	147,782	0,121	1,563	0,63



Исходя из полученных в таблице 3 результатов можно сделать следующие выводы. Во-первых, наибольшая природоохранная нагрузка по выбросам в атмосферный воздух наблюдается в Кемеровской, Свердловской и Челябинской областях, Красноярском крае, Республике Башкортостан. Во-вторых, лидерами по природоохранности, связанной со сбросом сточных вод, являются Краснодарский край, Кемеровская, Свердловская, Самарская и Нижегородская области. В-третьих, высокая отходоохранность за 2019 г. проявлялась в Московской, Саратовской, Ростовской и Волгоградской областях, а также в Ставропольском крае.

Особое внимание в исследовании обратим на финансирование природоохранной деятельности. Для начала отметим, что наибольший положительный вклад в суммарный природоохранный валовой продукт страны из рассматриваемых регионов вносят г. Москва, Московская область, г. Санкт-Петербург, Красноярский край, Республика Татарстан, Тюменская, Свердловская, Челябинская области. При этом только три из них имеют долю расходов на охрану окружающей среды по отношению к валовому региональному продукту более 1 % (Красноярский край, Челябинская, Свердловская области).

Последствия недофинансирования природоохранной деятельности, особенно в регионах, имеющих предприятия тепловой энергетики, металлургии, нефтепереработки, не позволят данным субъектам Российской Федерации быть экологически ориентированными и устойчивыми в развитии.

Переход субъектов Российской Федерации на низкоуглеродный путь развития требует существенных затрат. Учитывая, что многие муниципальные и региональные бюджеты испытывают дефицит ресурсов, для реализации мероприятий по повышению энергоэффективности и внедрению возобновляемых источников энергии требуется поиск дополнительного, так называемого климатического, финансирования. Органы власти в настоящее время активно вводят в свою деятельность проектный подход, который способствует привлечению проектного финансирования.

Новый тренд низкоуглеродного развития заставит пересмотреть экологическую политику многих субъектов Российской Федерации и ведущих предприятий – загрязнителей окружающей среды. Учитывая проведенный сравнительный анализ эколого-экономических показателей среди наиболее населенных российских регионов, целесообразно внедрение пилотных проектов по низкоуглеродному развитию в таких регионах, как Кемеровская, Свердловская, Челябинская области и Красноярский край. Подобного рода проекты должны реализовывать не только крупные предприятия – загрязнители этих регионов, но и муниципалитеты. Так, в крупных промышленных городах – Екатеринбурге, Нижнем Тагиле, Челябинске, Магнитогорске, Кемерове, Новокузнецке, Красноярске, Норильске, сосредоточено наибольшее количество «грязных» производств, наносящих огромный вред окружающей среде и, конечно же, населению, проживающему в этих муниципальных образованиях.



В настоящее время в России отсутствует единая база (реестр) по выбросам парниковых газов в разрезе регионов страны. Отдельные статистические данные можно найти в ежегодных докладах о состоянии окружающей среды конкретного субъекта Российской Федерации или на сайтах новостных агентств, газет и порталов. Что касается отраслевого разреза, то здесь ситуация со статистикой более открытая. В частности, по данным российского кадастра антропогенных выбросов, крупными эмитентами парниковых газов являются промышленные предприятия. На металлургические компании приходится порядка 12 % совокупных выбросов парниковых газов, что также подтверждает целесообразность внедрения пилотных проектов в вышеназванных регионах и городах<sup>7</sup>.

Понимая, что быстрой диверсификации деятельности в четырех обозначенных субъектах Российской Федерации не произойдет, основными предприятиями – загрязнителями этих территорий должны быть разработаны и приняты к реализации планы действий по внедрению низкоуглеродных и безуглеродных технологий в краткосрочной перспективе. Такие технологии не только способны сокращать выбросы парниковых газов и загрязняющих веществ в атмосферный воздух, но и развивать безотходное производство, оборотное водоснабжение, что в целом положительным образом скажется на окружающей среде.

Имеется некоторый опыт в построении комплексных планов климатических действий или учета климатического фактора в документации по городскому планированию и социально-экономическому развитию в Мурманской и Архангельской областях, республиках Карелии, Коми, Тыве, Крым, Ханты-Мансийском и Ямало-Ненецком автономных округах, г. Санкт-Петербурге, г. Москве. Стоит констатировать, что многие из разработанных документов так и остались в статусе проекта.

Отметим также, что в настоящее время практически во всех российских регионах не проводится комплексная и системная работа по мониторингу выбросов парниковых газов, также как и не изучаются последствия климатических изменений для конкретных территорий и, соответственно, не разрабатываются меры по адаптации различных сфер экономической деятельности к изменению климата. Большинство субъектов ограничиваются региональными программами по энергосбережению и повышению энергоэффективности и на основе конкурсного отбора проектов получают субсидии из средств федерального бюджета.

Субсидирование можно назвать одним из возможных вариантов для активизации действий по борьбе с эколого-климатическими проблемами.

---

<sup>7</sup> Национальный доклад Российской Федерации о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом [Электронный ресурс]. URL: <http://global-climate-change.ru/index.php/ru/official-documents/kadastr-report/197-inventoryreport20092011> (дата обращения: 05.05.2021).



К примеру, зарубежная практика демонстрирует эффективность субсидирования при реализации низкоуглеродных проектов. Субсидии являются наиболее часто используемыми механизмами среди C40 Cities Climate Leadership Group – группы из 97 городов-лидеров по всему миру, ориентированных на борьбу с изменениями климата. В данных городах активно проводятся мероприятия, направленные на снижение парниковых газов, что в целом будет отражаться на экологии, здоровье, благополучии и экономических возможностях их жителей [22]. Наибольшее количество таких городов находится в Соединенных Штатах Америки, Китае, Бразилии, Индии, Канаде. Из российских городов в состав C40 входит только г. Москва.

При осуществлении мониторинга важно обращать внимание не только на фундаментальные, но и на частные проблемы, которые в отдельных регионах могут стоять достаточно остро. Например, развитие рисоводства в регионах Юга России может способствовать увеличению поступления в атмосферу еще одного парникового газа – метана. Его объемы требуют тщательного изучения и, по всей видимости, систематического контроля.

Одновременно с этим необходимо отметить еще две существенные проблемы. Во-первых, переход к низкоуглеродной экономике может косвенно усилить негативные экологические эффекты. В частности, для производства солнечных батарей требуется использование кадмия, что увеличивает подверженность экосистем загрязнению этим тяжелым металлом [23; 24]. Во-вторых, внедрение ряда инновационных технологий, связанных с эксплуатацией альтернативных источников энергии, влияет на восприятие и, следовательно, ценность ландшафтов для населения [25; 26], так как формирует дополнительные издержки за счет редуцирования ряда экосистемных услуг.

**Обсуждение и заключение.** В целом низкоуглеродная экономика должна быть направлена на решение взаимосвязанных эколого-климатических и экономических проблем. Ее особенностью является то, что при производстве продуктов и оказании услуг должно происходить снижение выбросов углерода, при этом экономический рост не должен замедляться. Для Российской Федерации целесообразно начать осуществление низкоуглеродной трансформации с тех регионов, где сосредоточены наиболее «грязные» производства и проживает большое количество населения. Однако при этом принципиально важно понимание того, что подобного рода трансформация должна носить комплексный характер, т. е. не ограничиваться только лишь внедрением экологических инноваций отдельными хозяйствующими субъектами (например нефтегазодобывающими, металлургическими или энергетическими корпорациями) или, напротив, общерегиональными, «непроизводительными» инициативами (например расширение площади особо охраняемых природных территорий). И то, и другое имеет значение, и их сочетание обеспечивает переход от кумулятивного к синергетическому эффекту эколого-экономической деятельности.





Таким образом, для промышленных компаний, расположенных на территориях Кемеровской, Свердловской, Челябинской областей и Красноярского края должны быть внедрены специальные инструменты стимулирования для привлечения инвестиционных ресурсов в технологическое развитие данных предприятий. Нужно понимать, что в ходе реализации низкоуглеродных проектов хозяйствующими субъектами только административные меры не улучшат ситуацию. Требуются специальные финансовые стимулы, которые в настоящий момент крайне ограничены и имеют точечный характер. Также обозначенным регионам целесообразно разработать долгосрочную стратегию климатической политики и представить к ней план мероприятий. Следует учесть и возможности цифровизации, в рамках которой на цифровой платформе должно быть описание всех проектов, реализуемых в регионе, а также перечень всевозможных поощрительных мер для тех предприятий и организаций, которые внедряют низкоуглеродные проекты. Такой опыт важен и для других субъектов Российской Федерации. К тому же эффективные низкоуглеродные решения можно не только транслировать, но и коммерциализировать. В этом отношении важно вовлечение низкоуглеродных проектов в механизмы взаимодействия региональных инновационных систем, соответствующих субъектам Российской Федерации. С одной стороны, эти системы содержат в себе инструменты трансфера и внедрения инновационных, эколого-ориентированных решений, с другой – обладают потенциалом самообучаемости, что облегчает усвоение, адаптацию и имплементацию опыта, накопленного в других регионах. Изучение зарубежного опыта использования региональных инновационных систем для решения эколого-экономических задач и выработка подобных механизмов для России с учетом особенностей отечественной социально-экономической организации составляют важную задачу для последующей работы.

Практическая значимость настоящего исследования состоит в том, что представленные результаты могут быть использованы при разработке стратегических и программных документов эколого-климатической направленности, реализуемых региональными и муниципальными органами власти и руководством предприятий реального сектора экономики.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Амирова Э. А. Методические подходы к оценке социально-экономической дифференциации регионов России // Региональные проблемы преобразования экономики. 2020. № 1. С. 65–70. doi: <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2020-1-65-70>
2. Васильева А. С., Высоцкая Т. Р. Дифференциация современных экономических показателей развития регионов России // Российский экономический интернет-журнал. 2020. № 1. URL: <http://www.e-rej.ru/upload/iblock/a00/a00bb8732e5219ad103c7ceb12c5b567.pdf> (дата обращения: 05.05.2021).



3. Игонина Л. Л. Дифференциация российских регионов по уровню финансово-инвестиционного развития // *Фундаментальные исследования*. 2020. № 4. С. 41–46. doi: <https://doi.org/10.17513/fr.42721>

4. Молчанова Т. К., Рубан Д. А., Яшалова Н. Н. Благополучие населения как фактор инфляционной дифференциации регионов России // *Вестник НГУЭУ*. 2019. № 3. С. 28–42. doi: <https://doi.org/10.34020/2073-6495-2019-3-028-042>

5. Взаимосвязь энергетической и климатической политики: экономико-математическое обоснование рекомендаций для регулятора / В. М. Жигалов [и др.] // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*. 2018. Т. 34, № 2. С. 345–368. doi: <https://doi.org/10.21638/spbu05.2018.301>

6. Бобылев С. Н. Новые модели экономики и индикаторы устойчивого развития // *Экономическое возрождение России*. 2019. № 3. С. 23–29. URL: [https://e-v.ru/wp-content/uploads/2019/09/1\\_EVR\\_3\\_61\\_2019\\_gr.pdf](https://e-v.ru/wp-content/uploads/2019/09/1_EVR_3_61_2019_gr.pdf) (дата обращения: 05.05.2021).

7. Porfiriev B. N. The Low-Carbon Development Paradigm and Climate Change Risk Reduction Strategy for the Economy // *Studies on Russian Economic Development*. 2019. Vol. 30. Pp. 111–118. doi: <https://doi.org/10.1134/S1075700719020163>

8. Порфирьев Б. Н., Широков А. А., Колпаков А. Ю. Стратегия низкоуглеродного развития: перспективы для экономики России // *Мировая экономика и международные отношения*. 2020. Т. 64, № 9. С. 15–25. doi: <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2020-64-9-15-25>

9. Использование возобновляемых источников энергии в Арктике: роль государственно-частного партнерства / И. М. Потравный [и др.] // *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. 2020. Т. 13, № 1. С. 144–159. doi: <https://doi.org/10.15838/esc.2020.1.67.8>

10. Башмаков И. А. Стратегия низкоуглеродного развития российской экономики // *Вопросы экономики*. 2020. № 7. С. 51–74. doi: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2020-7-51-74>

11. Ратнер С. В., Березин А. Э. Анализ политики перехода к низкоуглеродной экономике: финансовые аспекты // *Финансы и кредит*. 2019. Т. 25, № 7. С. 1646–1662. doi: <https://doi.org/10.24891/fc.25.7.1646>

12. Развитие альтернативной энергетики в России в контексте формирования модели низкоуглеродной экономики / О. В. Кудрявцева [и др.] // *Вестник Московского университета. Сер. 6: Экономика*. 2019. № 4. С. 122–139. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41141871> (дата обращения: 05.05.2021).

13. Low-Carbon Development Quality of Cities in China: Evaluation and Obstacle Analysis / Y. Wang [et al.] // *Sustainable Cities and Society*. 2021. Vol. 64. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102553>

14. Urban Expansion Simulation Towards Low-Carbon Development: A Case Study of Wuhan, China / Y. Zhang [et al.] // *Sustainable Cities and Society*. 2020. Vol. 63. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102455>

15. Sun L., Liu W., Li Z. Spatial and Structural Characteristics of CO<sub>2</sub> Emissions in East Asian Megacities and its Indication for Low-Carbon City Development // *Applied Energy*. 2021. Vol. 284. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116400>

16. Gao S., Zhang H. Urban Planning for Low-Carbon Sustainable Development // *Sustainable Computing: Informatics and Systems*. 2020. Vol. 28. doi: <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2020.100398>



17. A Review of CO<sub>2</sub> Emissions Reduction Technologies and Low-Carbon Development in the Iron and Steel Industry Focusing on China / L. Ren [et al.] // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021. Vol. 143. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110846>

18. Optimising Renewable Energy Integration in New Housing Developments with Low Carbon Technologies / G. O. Gil [et al.] // *Renewable Energy*. 2021. Vol. 169. Pp. 527–540. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.01.059>

19. Филиппов С. П., Кейко А. В. Газификация угля: на перепутье. Технологические факторы // *Теплоэнергетика*. 2021. № 3. С. 45–58. doi: <https://doi.org/10.1134/S0040363621030048>

20. Титова О. В., Кузнецова Я. Г. Прогресс и будущее технологии низкоуглеродной металлургии в эпоху глобального потепления // *Заметки ученого*. 2019. № 9. С. 109–112. URL: <http://nauka-prioritet.ru/wp-content/uploads/2019/12/Ноябрь-2019-2.pdf> (дата обращения: 05.05.2021).

21. Мониторинг внедрения низкоуглеродных технологий в зданиях / И. А. Башмаков [и др.] // *Энергосбережение*. 2020. № 4. С. 38–43. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42961664> (дата обращения: 05.05.2021).

22. Peng Y., Bai X. Financing Urban Low-Carbon Transition: The Catalytic Role of a City-Level Special Fund in Shanghai // *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 282. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124514>

23. China's Supply and Demand Status of Cadmium and Control Countermeasures for Cadmium / Y.-J. Wang [et al.] // *Modern Chemical Industry*. 2019. Vol. 39. Pp. 16–20. doi: <https://doi.org/10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2019.12.004>

24. Experimental Investigation to Evaluate the Potential Environmental Hazards of Photovoltaic Panels / M. Tammaro [et al.] // *Journal of Hazardous Materials*. 2016. Vol. 306. Pp. 395–405. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.12.018>

25. How Landscape-Technology Fit Affects Public Evaluations of Renewable Energy Infrastructure Scenarios. A Hybrid Choice Model / B. Salak [et al.] // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021. Vol. 143. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110896>

26. Does Rated Visual Landscape Quality Match Visual Features? An Analysis for Renewable Energy Landscapes / R. Spielhofer [et al.] // *Landscape and Urban Planning*. 2021. Vol. 209. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.104000>

Поступила 05.05.2021; одобрена после рецензирования 11.07.2021; принята к публикации 21.07.2021.

*Об авторах:*

**Яшалова Наталья Николаевна**, заведующий кафедрой экономики и управления Череповецкого государственного университета (162600, Российская Федерация, г. Череповец, пр-т Луначарского, д. 5), доктор экономических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7279-3140>, natalij2005@mail.ru

**Рубан Дмитрий Александрович**, научный сотрудник Московского государственного университета технологий и управления им. К. Г. Разумовского (Первого казачьего университета) (109004, Российская Федерация, г. Москва, ул. Земляной Вал, д. 73), доктор философии (Ph. D.), доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2847-645X>, ruban-d@mail.ru



*Заявленный вклад авторов:*

Н. Н. Яшалова – общая структуризация исследования; интерпретация и анализ статистических данных; подготовка текста; формулирование выводов и результатов исследования.

Д. А. Рубан – подготовка текста; формулирование выводов; критический анализ и доработка текста.

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## REFERENCES

1. Amirova E.A. Methodological Approaches to the Assessing of Socio-Economic Differentiation of Russian Regions. *Regionalnye problemy preobrazovaniya ehkonomiki* = Regional Issues of Economic Transformation. 2020; (1):65-70. (In Russ., abstract in Eng.) doi: <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2020-1-65-70>

2. Vasilieva A.S., Vysotskaya T.R. Differentiation of Modern Economic Indicators of the Development of Russian Regions. *Rossijskij ehkonomicheskij internet-zhurnal* = Russian Economics Online-Journal. 2020; (1). Available at: <http://www.e-rej.ru/upload/iblock/a00/a00b-b8732e5219ad103c7ceb12c5b567.pdf> (accessed 05.05.2021). (In Russ., abstract in Eng.)

3. Igonina L.L. Differentiation of Russian Regions by the Level of Financial and Investment Development. *Fundamentalnye issledovaniya* = Fundamental Research. 2020; (4):41-46. (In Russ., abstract in Eng.) doi: <https://doi.org/10.17513/fr.42721>

4. Molchanova T.K., Ruban D.A., Yashalova N.N. People Wellbeing as Factor of Inflation Differentiation among Russian Regions. *Vestnik NGUEU* = Bulletin of the NGUEU. 2019; (3):28-42. (In Russ., abstract in Eng.) doi: <https://doi.org/10.34020/2073-6495-2019-3-028-042>

5. Zhigalov V.M., Podkorytova O.A., Pakhomova N.V., Malova A.S. Interrelation of Energy and Climate Policies: Economic and Mathematical Justification of Recommendations for the Regulator. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ehkonomika* = St. Petersburg University Journal of Economic Studies. 2018; 34(2):345-368. (In Russ., abstract in Eng.) doi: <https://doi.org/10.21638/spbu05.2018.301>

6. Bobylev S.N. New Economic Models and Sustainable Development. *Ehkonomicheskoe vrozozhdenie Rossii* = Economic Revival of Russia. 2019; (3):23-29. Available at: [https://e-v-r.ru/wp-content/uploads/2019/09/1\\_EVR\\_3\\_61\\_2019\\_gr.pdf](https://e-v-r.ru/wp-content/uploads/2019/09/1_EVR_3_61_2019_gr.pdf) (accessed 05.05.2021). (In Russ., abstract in Eng.)

7. Porfiriev B.N. The Low-Carbon Development Paradigm and Climate Change Risk Reduction Strategy for the Economy. *Studies on Russian Economic Development*. 2019; 30:111-118. (In Russ., abstract in Eng.) doi: <https://doi.org/10.1134/S1075700719020163>

8. Porfirev B.N., Shirov A.A., Kolpakov A.Y. Low-Carbon Development Strategy: Prospects for the Russian Economy. *Mirovaya ehkonomika i mezhdunarodnye otnosheniya* = World Economy and International Relations. 2020; 64(9):15-25. (In Russ., abstract in Eng.) doi: <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2020-64-9-15-25>

9. Potravnyi I.M., Yashalova N.N., Boroukhin D.S., Tolstoukhova M.P. The Usage of Renewable Energy Sources in the Arctic: The Role of Public-Private Partnership. *Ehkono-*



*micheskie i socialnye peremeny: fakty, tendencii, prognoz* = Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. 2020; 13(1):144-159. (In Russ., abstract in Eng.) doi: <https://doi.org/10.15838/esc.2020.1.67.8>

10. Bashmakov I.A. Russian Low Carbon Development Strategy. *Voprosy ehkonomiki* = Economic Issues. 2020; (7):51-74. (In Russ., abstract in Eng.) doi: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2020-7-51-74>

11. Ratner S.V., Berezin A.E. Analyzing the Policy for Transition to a Low-Carbon Economy in Russia: Financial Considerations. *Finansy i kredit* = Finance and Credit. 2019; 25(7):1646-1662. (In Russ., abstract in Eng.) doi: <https://doi.org/10.24891/fc.25.7.1646>

12. Kudryavtseva O.V., Mitenkova E.N., Malikova O.I., Golovin M.S. Development of Alternative Energy in Russia in the Context of a Low-Carbon Economy Model. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6: Ehkonomika* = Moscow University Economics Bulletin. 2019; (4):122-139. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41141871> (accessed 05.05.2021). (In Russ., abstract in Eng.)

13. Wang Y., Fang X., Yin S., Chen W. Low-Carbon Development Quality of Cities in China: Evaluation and Obstacle Analysis. *Sustainable Cities and Society*. 2021; 64. (In Eng.) doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102553>

14. Zhang Y., Liu Y., Wang Y., Liu D., Xia C., Wang Z., et al. Urban Expansion Simulation Towards Low-Carbon Development: A Case Study of Wuhan, China. *Sustainable Cities and Society*. 2020; 63. (In Eng.) doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102455>

15. Sun L., Liu W., Li Z., Cai B., Fujii M., Luo X., et al. Spatial and Structural Characteristics of CO<sub>2</sub> Emissions in East Asian Megacities and its Indication for Low-Carbon City Development. *Applied Energy*. 2021; 284. (In Eng.) doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116400>

16. Gao S., Zhang H. Urban Planning for Low-Carbon Sustainable Development. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*. 2020; 28. (In Eng.) doi: <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2020.100398>

17. Ren L., Zhou S., Peng T., Ou X. A Review of CO<sub>2</sub> Emissions Reduction Technologies and Low-Carbon Development in the Iron and Steel Industry Focusing on China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021; 143. (In Eng.) doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110846>

18. Gil G.O., Chowdhury J.I., Balta-Ozkan N., Hu Y., Varga L., Hart P. Optimising Renewable Energy Integration in New Housing Developments with Low Carbon Technologies. *Renewable Energy*. 2021; 169:527-540. (In Eng.) doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.01.059>

19. Filippov S.P., Keiko A.V. Coal Gasification: At the Crossroad. Technological Factors. *Thermal Engineering*. 2021; 68:209-220. (In Eng.) doi: <https://doi.org/10.1134/S0040601521030046>

20. Titova O.V., Kuznetsova Ya.G. Progress and Future of Low-Carbon Metallurgy Technology in the Era of Global Warming. *Zametki uchenogo* = Notes of the Scientist. 2019; (9):109-112. Available at: <http://nauka-prioritet.ru/wp-content/uploads/2019/12/Ноябрь-2019-2.pdf> (accessed 05.05.2021). (In Russ., abstract in Eng.)

21. Bashmakov I.A., Dzedzichek M.G., Lunin A.A., Drammond P. Monitoring the Implementation of Low-Carbon Technologies in Buildings. *Ehnergoberehenie* = Energy Saving. 2020; (4):38-43. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42961664> (accessed 05.05.2021). (In Russ.)



22. Peng Y., Bai X. Financing Urban Low-Carbon Transition: The Catalytic Role of a City-Level Special Fund in Shanghai. *Journal of Cleaner Production*. 2021; 282. (In Eng.) doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124514>

23. Wang Y.-J., Tian Y., Zhou Q., Tian Y., Ye J. China's Supply and Demand Status of Cadmium and Control Countermeasures for Cadmium. *Modern Chemical Industry*. 2019; 39:16-20. (In Eng.) doi: <https://doi.org/10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2019.12.004>

24. Tamarro M., Salluzzo A., Rimauro J., Schiavo S., Manzo S. Experimental Investigation to Evaluate the Potential Environmental Hazards of Photovoltaic Panels. *Journal of Hazardous Materials*. 2016; 306:395-405. (In Eng.) doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.12.018>

25. Salak B., Lindberg K., Kienast F., Hunziker M. How Landscape-Technology Fit Affects Public Evaluations of Renewable Energy Infrastructure Scenarios. A Hybrid Choice Model. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021; 143. (In Eng.) doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110896>

26. Spielhofer R., Hunziker M., Kienast F., Wissen U., Grêt-Regamey H.A. Does Rated Visual Landscape Quality Match Visual Features? An Analysis for Renewable Energy Landscapes. *Landscape and Urban Planning*. 2021; 209. (In Eng.) doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.104000>

Submitted 05.05.2021; approved after reviewing 11.07.2021; accepted for publication 21.07.2021.

*About the authors:*

**Natalia N. Yashalova**, Head of the Department of Economics and Management, Cherepovets State University (5 Lunacharskogo Ave., Cherepovets 162600, Russian Federation), Dr. Sci. (Economics), Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7279-3140>, natalij2005@mail.ru

**Dmitry A. Ruban**, Researcher, K. G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (The First Cossack University) (73 Zemlyanoy Val St., Moscow 109004, Russian Federation), Ph. D., Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2847-645X>, ruban-d@mail.ru

*Contribution of the authors:*

N. N. Yashalova – general structuring of the study; interpretation and analysis of statistical data; preparation of the text of the article; drawing conclusions; evaluation of the results of the study.

D. A. Ruban – preparation of the text of the article; drawing conclusions; critical analysis and revision of the text of the article.

*The authors have read and approved the final version of the manuscript.*