

14. Фань Д. Инновационная политика Китая: этапы формирования // Креативная экономика. 2022. Т. 6. № 1. С. 331—344.
15. Чиркина М. Ю., Гудыма Д. А., Бирева А. М. Сравнение инновационной политики Российской Федерации, Соединённых Штатов Америки и Китайской Национальной Республики // Молодежный научный вестник. 2017. № 8(21). С. 37—45.
16. Бурдюкова А. Д., Трайнева О. И. Сравнительный анализ внедрения инноваций в России и Китае // Российский внешнеэкономический вестник. 2011. № 6. С. 67—71

REFERENCES

1. Lundvall B.-A. National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning. Anthem Press, 2010. 404 p.
2. Dosi G., Freeman C, Nelson R. R., Silverberg G., Soete L. L. G. Japan: a new national system of innovation? Technical Change and Economic Theory. G. Dosi, Ch. Freeman, R. Nelson et al. (eds.). London, Frances Pinter, 1988:56—65.
3. Metcalfe S. The Economic Foundations of Technology Policy: Equilibrium and Evolutionary Perspectives. Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change. P. Stoneman (ed.). Oxford, UK, Cambridge, US, Blackwell Publ., 1995: 409—512.
4. Analysis and modeling of economic processes. Collection of articles. V. Z. Belen'kii, N. A. Trofimova (eds.). Moscow, Central Economic and Mathematical Institute of the Russian Academy of Sciences publ., 2013;10:155. (In Russ.)
5. Arocena R., Sutz J. Looking at National Systems of Innovation from the South. *Industry and Innovation*. 2000;7(1):55—75.
6. Albuquerque E. da M. e, Bernardes A. T. Cross-Over, Thresholds, and Interactions between Science and Technology: A Tentative Simplified Model and Initial Notes About Statistics from 120 Countries. LAR Working Paper No. 157. May 2001. 25 p. DOI: 10.2139/ssrn.280649.
7. Viotti E. B. National Learning Systems: A new approach on technological change in late industrializing economies and evidences from the cases of Brazil and South Korea. *Technological Forecasting and Social Change*. 2002;69(7):653—680. DOI: 10.1016/S0040-1625(01)00167-6.
8. Burtsev D. S. Features of various models of national innovation systems. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika = Economy and business: theory and practice*. 2018;12-1:57—60. (In Russ.)
9. OECD Main Science and Technology Indicators. URL: <https://www.oecd.org/sti/msti.htm> (accessed: 06.03.2023).
10. Science and Technology Indicators in the Russian Federation: 2022. Data Book. Moscow, HSE publ., 2022. 400 p. (In Russ.) URL: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/581310357.pdf> (accessed: 07.03.2023).
11. Klavdienko V. P. National innovation system of China: foundation and transition. *Innovatsii = Innovations*. 2016;4(210): 97—103. (In Russ.)
12. The Global Innovation Index 2022. URL: <https://www.globalinnovationindex.org/gii-2022-report#> (accessed: 07.03.2023).
13. UNESCO Science Report: the Race Against Time for Smarter Development. 2021. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377433> (accessed: 07.03.2023).
14. Fan D. China's innovation policy: formation phases. *Kreativnaya ekonomika = Creative economy*. 2022;16(1):331—344. (In Russ.)
15. Chirkina M. Yu., Gudyma D.A., Bireva A. M. Comparison of the innovation policy of the Russian Federation, the United States of America and the People's Republic of China. *Molodezhnyi nauchnyi vestnik = Youth Scientific Bulletin*. 2017;8(21):37—45. (In Russ.)
16. Burdyukova A. D., Trajneva O. I. Comparative analysis of innovation implementation in Russia and China. *Rossiiskii vneshneekonomicheskii vestnik = Russian Foreign Economic Journal*. 2011;6:67—71. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 27.03.2023; одобрена после рецензирования 14.04.2023; принята к публикации 17.04.2023.
The article was submitted 27.03.2023; approved after reviewing 14.04.2023; accepted for publication 17.04.2023.

Научная статья

УДК 332.1:338.4

DOI: 10.25683/VOLBI.2023.62.506

Sergey Aleksandrovich Makovetsky

Candidate of Economics,
Senior Researcher of the Department of Economic Systems
Modeling,
Institute of Economic Research
Donetsk, Russian Federation
ups.dn@mail.ru

Маковецкий Сергей Александрович

канд. экон. наук,
старший научный сотрудник отдела моделирования экономиче-
ских систем,
Институт экономических исследований
Донецк, Российская Федерация
ups.dn@mail.ru

ПОТЕНЦИАЛ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

5.2.3 — Региональная и отраслевая экономика

Аннотация. Цель данной научной статьи состоит в определении потенциала развития экономики замкнутого цикла, а также ее роли в Индустрии 4.0. Автор исследует возможные новые пути развития и взаимодействия

между этими концепциями, а также выявляет трудности и проблемы на пути этого взаимодействия, основываясь на мировом опыте и анализируя научные статьи в рамках систематического обзора литературы. В ста-

ть изучен потенциал возможностей применения технологий замкнутого цикла в промышленности, проанализированы концепции экономики замкнутого цикла, определен симбиоз факторов, объединяющих экономику замкнутого цикла и Индустрию 4.0. Проанализированы труды отечественных и зарубежных авторов, на их основе уточнены принципы работы экономики замкнутого цикла. Показаны экономические и социальные эффекты от внедрения новых технологий.

В этой статье решаются научные задачи, связанные с изучением влияния новых технологий, связанных с Индустрией 4.0 и экономикой замкнутого цикла, на деятельность, связанную с цепочками поставок. В ней также исследуется важность поставщиков в этих цепочках и их влияние на устойчивое функционирование всей цепочки. Результаты исследования могут быть полезны для компаний, которые хотят улучшить свою деятельность в области цепочек поставок и стать бо-

лее конкурентоспособными в условиях Индустрии 4.0 и экономики замкнутого цикла.

В статье сделан вывод, что это система, которая предлагает замену отходов открытых линейных неэффективных производственных циклов замкнутыми циклами, в которых отходы сводятся к минимуму или преобразуются в стоимостные статьи, способствуя повышению производительности, оптимизируя использование природных и человеческих ресурсов. Уточнены методические подходы к применению экономики замкнутого цикла в промышленности. В целом статья направлена на развитие научных знаний в области экономики, технологий и устойчивого развития, а также может быть полезна для специалистов в этих областях.

Ключевые слова: экономика замкнутого цикла, промышленное предприятие, концепция, принципы, подходы, Индустрия 4.0, экономия ресурсов, экономический и экологический эффекты, бизнес-модели, цифровые технологии, сбор, анализ и интеграция данных

Для цитирования: Маковецкий С. А. Потенциал экономики замкнутого цикла в промышленности // Бизнес. Образование. Право. 2023. № 2(63). С. 200—204. DOI: 10.25683/VOLBI.2023.62.506.

Original article

POTENTIAL OF THE CIRCULAR ECONOMY IN INDUSTRY

5.2.3 — Regional and sectoral economy

Abstract. The purpose of this scientific article is to determine the development potential of the circular economy, as well as its role in Industry 4.0. The author explores new possible ways of development and interaction between these concepts, and also identifies difficulties and problems in the way of this interaction, based on world experience and analyzing scientific articles as part of a systematic review of the literature. The article explores the potential of opportunities for the use of circular technologies in industry, analyzes the concepts of the circular economy, and defines the symbiosis of factors that unite the circular economy and Industry 4.0. The works of domestic and foreign authors are analyzed; on their basis the principles of the circular economy are specified. The economic and social effects from the introduction of new technologies are shown.

This article solves the scientific problems associated with the study of the impact of new technologies associated with Industry 4.0 and the circular economy on activities related to supply chains. It also explores the importance of suppliers in these

chains and their impact on the sustainability of the entire chain. The results of the study can be useful for companies that want to improve their supply chain activities and become more competitive in the context of Industry 4.0 and the circular economy.

The article concludes that this is a system that proposes the replacement of waste from open linear inefficient production cycles with closed cycles in which waste is minimized or converted into value items, contributing to increased productivity, optimizing the use of natural and human resources. The methodological approaches to the application of the circular economy in industry are specified. In general, the article is aimed at the development of scientific knowledge in the field of economics, technology and sustainable development, and may also be useful for specialists in these areas.

Keywords: circular economy, industrial enterprise, concept, principles, approaches, Industry 4.0, resource saving, economic and environmental effects, business models, digital technologies, collection, analysis and integration of data

For citation: Makovetsky S. A. Potential of the circular economy in industry. *Biznes. Obrazovanie. Pravo = Business. Education. Law.* 2023;2(63):200—204. DOI: 10.25683/VOLBI.2023.63.670.

Введение

Актуальность. Проблема развития промышленности с использованием инструментов экономики замкнутого цикла имеет большую актуальность для Российской Федерации в свете текущих вызовов, связанных с импортозамещением и необходимостью устойчивого развития экономики. Элементы Индустрии 4.0 (далее — И.4.0) предлагают новые технологии и подходы, которые позволяют создавать более устойчивые и эффективные производственные процессы, в том числе и с использованием замкнутого цикла.

Экономика замкнутого цикла (далее — ЭЗЦ) — это экономическая система, направленная на сокращение потребления ресурсов и устранение отходов при одновременном обеспечении непрерывности экономического развития. Экономика

замкнутого цикла всё еще является новой концепцией, и поэтому ей всё еще не хватает инструментов для внедрения в промышленное производство, а ее возможная связь с цифровыми технологиями всё еще не получила широкого распространения. В большинстве случаев переход к ЭЗЦ требует переосмысления и изменения бизнес-моделей [1].

Таким образом, исследование ЭЗЦ в И.4.0 имеет большую практическую значимость для предприятий, которые стремятся сократить затраты, повысить эффективность производственных процессов и внедрить более устойчивые подходы в свою деятельность.

Изученность проблемы. Коллектив авторов: G. Yadav, S. Luthra, S. Jakhar, S. K. Mangla & D. P. Rai — уже проводил исследование по преодолению проблем устойчивого развития

с помощью ЭЗЦ [2]. R. Kumar, R. K. Singh & Y. K. Dwivedi анализируют применение технологий И.4.0 в индийских МСП для устойчивого роста [3].

Е. Kristoffersen, F. Blomsma, P. Mikalef и J. Li [1], M. P. P. Pieroni, T. C. McAloone и D. C. A. Pigosso [4], J. Köhler, S. D. Sönnichsen и P. Beske-Jansen [5], M. E. Morales, S. Lhuillery и M. Ghobakhloo [6], P. Murugaiyan & P. Ramasamy [7] изучали вопросы цифровых стратегий замкнутого цикла и инновационных бизнес-моделей для промышленных компаний.

А. В. Гребенкин и Е. О. Вегнер-Козлова [8], Д. В. Валько [9], Н. В. Пахомова, К. К. Рихтер, М. А. Ветрова [10] изучали теоретические и прикладные аспекты концепции циркулярной экономики.

Целесообразность разработки темы. В условиях ограниченности ресурсов и нарастания экологических проблем переход к ЭЗЦ может оказаться наиболее эффективным решением для сокращения отходов и снижения нагрузки на окружающую среду. В свою очередь, И.4.0 предлагает широкие возможности для создания инновационных технологий и развития цифровых платформ, которые могут значительно улучшить эффективность замкнутого цикла.

Таким образом, разработка темы ЭЗЦ в И.4.0 поможет раскрыть потенциал данного подхода и определить ключевые факторы, влияющие на его эффективность, что может быть полезно для принятия решений на уровне компаний и государственных органов власти.

Научная новизна. В связи с этим становится необходимым разработать подходы к использованию технологий И.4.0 для развития промышленного потенциала Российской Федерации. Предложено использовать технологии блокчейн и больших данных для повышения эффективности замкнутых циклов производства, связанных с цепочками поставок, и устойчивого развития промышленности в рамках И.4.0. Это в свою очередь приведет к росту инновационной активности в производственной деятельности, в том числе повышению прозрачности, безопасности и автоматизации процессов, что в дальнейшем может повысить эффективность циклических цепочек поставок.

Целью данного научного исследования является определение потенциала развития ЭЗЦ, а также ее роли в И.4.0.

В соответствии с целью были поставлены и решены следующие **задачи**:

- определить, какие существуют новые пути развития и взаимодействия между ЭЗЦ и И.4.0;
- выделить трудности и проблемы, существующие на пути взаимодействия между ЭЗЦ и И.4.0;
- уточнить, как переход к ЭЗЦ может повлиять на устойчивое функционирование цепочек поставок;
- определить новые пути развития, которые могут помочь компаниям достигнуть глобальной устойчивости.

Теоретическая значимость состоит в уточнении методических подходов к изучению экономических проблем, связанных с ЭЗЦ, а именно в исследовании с научной точки зрения предлагается ответить на вопрос: если основываться на мировом опыте, то какие существуют новые пути развития и взаимодействия между ЭЗЦ и И.4.0?

Практическая значимость. Выявленные элементы могут быть использованы для формирования модели ЭЗЦ в промышленности.

Основная часть

В рамках этих новых бизнес-моделей новые цифровые технологии могут способствовать указанному переходу

за счет сбора, анализа и интеграции данных. Предыдущие исследования по данной тематике показали, что достижения ЭЗЦ и И.4.0 являются потенциальным будущим всех промышленных предприятий, и те предприятия, которые максимально в сжатые сроки смогут внедрить технологии ЭЗЦ, достигнут глобальной устойчивости [2].

Симбиоз факторов И.4.0 и ЭЗЦ оказывает широкое позитивное влияние на деятельность, связанную с цепочками поставок, при этом поставщик является важнейшим участником этого процесса, и, таким образом, деятельность, связанная с ними, непосредственно определяет устойчивое функционирование цепочки поставок [3].

Таким образом, в настоящей работе исследуются возможности новых путей развития и экономические проблемы, связанные с ЭЗЦ. В исследовании с научной точки зрения предлагается ответить на вопрос: если основываться на мировом опыте, то какие существуют новые пути развития и взаимодействия между ЭЗЦ и И.4.0, а также трудности и проблемы на пути этого взаимодействия? Данный вопрос определил цель исследования — всесторонний анализ публикаций, посвященных существующим связям между ЭЗЦ и И.4.0. Для выполнения поставленной цели был проведен систематический обзор литературы (63 статьи).

Основным экономическим эффектом от внедрения ЭЗЦ является сокращение управленческих и технологических структур, снижение отходов и уменьшение спроса на первичное не переработанное сырье, а также отказ от представления об окружающей среде как о «воронке» для сброса использованных материалов; более того, утверждение идеи, что потеря и разрушение ресурсов должны быть уменьшены или устранены за счет снижения уровня загрязнения и сокращения потерь биоразнообразия в местах обитания, связанных с добычей полезных ископаемых [11].

Результаты. Экономика замкнутого цикла требует использования нескольких устойчивых методов, поскольку глобальные повестки дня подчеркивают, что экономическое развитие должно также учитывать социальные и экологические аспекты. При этом ЭЗЦ может охватывать все три основных аспекта устойчивости: экономическое процветание, социальную справедливость и качество окружающей среды.

Поэтому для реализации ЭЗЦ необходимы кардинальные изменения в социальной, производственной и потребительской сферах. Экономика замкнутого цикла — это многообещающий подход к достижению устойчивого развития, поскольку промышленные предприятия играют жизненно важную роль в его реализации на промышленном уровне, основываясь на этапах производства продукции. В этом контексте ЭЗЦ выполняет важную роль в промышленном производстве, а именно продвигая такие механизмы развития, как переработка ресурсов и материалов, а также минимизацию использования энергии. Она направлена на то, чтобы принести пользу экономике, окружающей среде и обществу, а также достичь баланса и гармонии между ними. ЭЗЦ воспринимается как новая бизнес-модель, в которой ожидается достижение баланса и гармонии между экономикой и обществом [12].

Таким образом, можно сделать вывод, что это система, которая предлагает замену открытых линейных неэффективных производственных циклов, предполагающих возникновение отходов, — замкнутыми циклами, в которых отходы сводятся к минимуму или преобразуются в стоимостные статьи, способствуя повышению производительности, оптимизируя использование природных и человеческих ресурсов. Экономика замкнутого цикла по определению является

восстановительной и регенеративной и направлена на поддержание продуктов, классифицированных как технические и биологические, компонентов и материалов на выдающемся уровне полезности и ценности [13].

Принципы ЭЗЦ стоят на многих столпах. В этом исследовании выделены некоторые из них.

1. 10 R (англ. *Rethink, Reduce, Reuse, Refurbish, Refurbish, Remake, Repurpose, Recycle, and Restore* — «отказаться, переосмыслить, сократить, повторно использовать, отремонтировать, обновить, переделать, перепрофилировать, переработать и восстановить»), которые могут помочь компаниям получить конкурентное преимущество.

2. Более чистое производство, которое направлено на обеспечение устойчивости за счет энергосбережения, сокращения выбросов и повышения эффективности производства, является основным подходом, направленным на оптимизацию процесса управления окружающей средой.

3. Система продуктов и услуг, которая включает в себя продукты, услуги, агентские сети и вспомогательную инфраструктуру, работающую с непрерывным потоком с целью повышения конкурентоспособности, удовлетворения потребностей клиентов и минимизации воздействия на окружающую среду по сравнению с традиционными бизнес-моделями [14].

4. Модель *ReSOLVE*. Система ЭЗЦ, в которой используются процессы переработки, повторного использования и повторного производства в рамках закрытой системы, которая включает в себя шесть руководящих принципов для этого перехода: регенерация, совместное использование, оптимизация, цикл, виртуализация и обмен.

5. Промышленный симбиоз, структура, основанная на промышленной экологии для осуществления взаимовыгодного сотрудничества между организациями, совместного использования воды, ресурсов, энергии, побочных продуктов и остаточного материала, так что все агенты получают от этого прибыль; промышленный симбиоз проектирует потоки материалов, в которых оптимизируется потребление материалов и энергии, образование отходов сводится к минимуму, а выбросы одного процесса служат входными данными для других процессов.

Концепция И.4.0 была впервые анонсирована на Ганноверской ярмарке в Германии в 2011 г. Репост выставки описывает, что И.4.0 создаст новые ценности, создаст новые бизнес-модели и представит решение нескольких социальных проблем через коммуникационные сети, основанные на новых технологиях. В последние годы это преобразование вызвало интерес во всем мире. И.4.0 руководствуется данными в режиме реального времени и предлагает альтернативные подходы к обеспечению устойчивого производства и потребления, минимизации отходов, потребления энергии и ухудшения состояния окружающей среды [15].

И.4.0 включает в себя различные технологии, такие как: интернет вещей (*IoT*), облачные вычисления, аддитивное производство, кибербезопасность, киберфизические системы (*CPS*), блокчейн, дополненную реальность, искусственный интеллект (*AI*), большие данные (*big data*), интеграцию систем моделирования и автономные роботы. Методы И.4.0 несут в себе возможности сокращения энергии, оборудования, а также минимизации занятости человеческих ресурсов. Это футуристическая конструкция, которая способствует развитию и решению автономных производственных систем. В настоящее время исследования И.4.0 стали более популярными, что связано с последними достижениями этих технологий.

Кроме того, более эффективный обмен информацией по всей цепочке создания стоимости помогает контролировать и корректировать операции в режиме реального времени в соответствии с переменным спросом, тем самым повышая операционную эффективность и предоставляя информацию о новых продуктах, услугах и потенциале бизнес-моделей [4]. Вместе с тем этот подход основан на интеграции бизнес-процессов и производственных процессов, и все участники цепочки создания стоимости неразрывно связаны с вопросами производства и устойчивого развития. Более чистое производство и корпоративная социальная ответственность имеют важные последствия для достижений И.4.0 во всем мире.

Заключение

В исследовании были проанализированы научные статьи, в которых рассматривалась связь между ЭЗЦ и И.4.0. Цифровая революция принесла, с одной стороны, много проблем и, с другой стороны, множество возможностей для промышленных предприятий. Эти технологии положительно повлияют на устойчивое производство и возможности ЭЗЦ, поскольку интеграция И.4.0 и устойчивого развития всё еще находится на начальной стадии. Руководителям промышленных предприятий необходимо рассмотреть вопрос при разработке стратегических планов развития своих предприятий, о внедрении технологии И.4.0 для повышения конкурентоспособности.

Доказано, что технологии блокчейн и больших данных в сочетании с ЭЗЦ трансформируют производственную деятельность за счет инноваций. Особенность этих технологий заключается в прозрачности, или «отслеживаемости», в надежности, т. е. в «безопасности» и в автоматизации процессов, а значит, в более интеллектуальном выполнении операционной деятельности. Эти функции могут повысить эффективность повторного использования материалов, вторичной переработки и цикличности, а также управления эффективностью циклической цепочки поставок.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Kristoffersen E., Blomsma F., Mikalef P., Li J. The smart circular economy: A digitalenabled circular strategies framework for manufacturing companies // *Journal of Business Research*. 2020. Vol. 120. Pp. 241–261. DOI: 10.1016/j.jbusres.2020.07.044.
2. A framework to overcome sustainable supply chain challenges through solution measures of Industry 4.0 and circular economy: An automotive case / G. Yadav, S. Luthra, S. Jakhar et al. // *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 254. Art. 120112. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120112.
3. Kumar R., Singh R. K., Dwivedi Y. K. Application of Industry 4.0 technologies in Indian SMEs for sustainable growth: Analysis of challenges // *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 275. Art. 124063. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124063.
4. Pieroni M. P. P., McAlone T. C., Pigosso D. C. A. Circular economy business model innovation: Sectorial patterns within manufacturing companies // *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 286. Art. 124921. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124921.
5. Köhler J., Sönnichsen S. D., Beske-Jansen P. Towards a collaboration framework for circular economy: The role of dynamic capabilities and open innovation // *Business Strategy and the Environment*. 2022. Vol. 31(6). Pp. 2700–2713. DOI: 10.1002/bse.3000.

6. Morales M. E., Lhuillery S., Ghobakhloo M. Circularity effect in the viability of bio-based industrial symbiosis: Tackling extraordinary events in value chains // *Journal of Cleaner Production*. 2022. Vol. 348. Art. 131387. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.131387.
7. Murugaiyan P., Ramasamy P. Analyzing interrelated enablers of industry 4.0 for implementation in present industrial scenario // *Management Research Review*. 2021. Vol. 44(9). Pp. 1241—1262. DOI: 10.1108/MRR-08-2020-0499.
8. Гребенкин А. В., Вегнер-Козлова Е. О. Теоретические и прикладные аспекты концепции циркулярной экономики // *Журнал экономической теории*. 2020. Т. 17. № 2. С. 399—411. DOI: 10.31063/2073-6517/2020.17-2.1.
9. Валько Д. В. Циркулярная экономика: теоретическая модель и эффекты реализации // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2018. Т. 14. Вып. 8. С. 1415—1429. DOI: 10.24891/ni.14.8.1415.
10. Пахомова Н. В., Рихтер К. К., Ветрова М. А. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*. 2017. Т. 33. Вып. 2. С. 244—268. DOI: 10.21638/11701/spbu05.2017.203.
11. Sehnem S., Provensi T., Silva T. H. H., Pereira S. C. F. Disruptive innovation and circularity in sustainable business models: A start-ups analysis // *Business Strategy and Environment*. 2022. Vol. 31(4). Pp. 1292—1307. DOI: 10.1002/bse.2955.
12. Data-driven sustainable intelligent manufacturing based on demand response for energy-intensive industries / S. Ma, Y. Zhang, Y. Liu et al. // *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 274. Art. 123155. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.123155.
13. Bag S., Gupta S., Kumar S. Industry 4.0 adoption and 10R advance manufacturing capabilities for sustainable development // *International Journal of Production Economics*. 2021. Vol. 231. Art. 107844. DOI: 10.1016/j.ijpe.2020.107844.
14. Chauhan A., Jakhar S. K., Chauhan C. The interplay of circular economy with Industry 4.0 enabled smart city drivers of healthcare waste disposal // *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 279. Art. 123854. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.123854.
15. Modified Carroll's pyramid of corporate social responsibility to enhance organizational performance of SMEs industry / J. Lu, L. Ren, C. Zhang, D. Rong et al. // *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 271. Art. 122456. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.122456.

REFERENCES

1. Kristoffersen E., Blomsma F., Mikalef P., Li J. The smart circular economy: A digital-enabled circular strategies framework for manufacturing companies. *Journal of Business Research*. 2020;120:241—261. DOI: 10.1016/j.jbusres.2020.07.044.
2. Yadav G., Luthra S., Jakhar S. et al. A framework to overcome sustainable supply chain challenges through solution measures of Industry 4.0 and circular economy: An automotive case. *Journal of Cleaner Production*. 2020;254:120112. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120112.
3. Kumar R., Singh R. K., Dwivedi Y. K. Application of Industry 4.0 technologies in Indian SMEs for sustainable growth: Analysis of challenges. *Journal of Cleaner Production*. 2020;275:124063. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124063.
4. Pieroni M. P. P., McAlloone T. C., Pigosso D. C. A. Circular economy business model innovation: Sectorial patterns within manufacturing companies. *Journal of Cleaner Production*. 2021;286:124921. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124921.
5. Köhler J., Sönnichsen S. D., Beske-Jansen P. Towards a collaboration framework for circular economy: The role of dynamic capabilities and open innovation. *Business Strategy and the Environment*. 2022;31(6):2700—2713. DOI: 10.1002/bse.3000.
6. Morales M. E., Lhuillery S., Ghobakhloo M. Circularity effect in the viability of bio-based industrial symbiosis: Tackling extraordinary events in value chains. *Journal of Cleaner Production*. 2022;348:131387. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.131387.
7. Murugaiyan P., Ramasamy P. Analyzing interrelated enablers of industry 4.0 for implementation in present industrial scenario. *Management Research Review*. 2021;44(9):1241—1262. DOI: 10.1108/MRR-08-2020-0499.
8. Grebenkin A. V., Vegner-Kozlova E. O. Theoretical and applied aspects of the concept of circular economy. *Zhurnal ekonomicheskoi teorii = AlterEconomics*. 2020;17(2):399—411. (In Russ.) DOI: 10.31063/2073-6517/2020.17-2.1.
9. Val'ko D. V. Circular economy: a theoretical model and implementation effects. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*. 2018;14(8):1415—1429. (In Russ.) DOI: 10.24891/ni.14.8.1415.
10. Pakhomova N. V., Richter K. K., Vetrova M. A. Transition to circular economy and closed-loop supply chains as driver of sustainable development. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ekonomika = Bulletin of St. Petersburg State University. Economy*. 2017;33(2):244—268. (In Russ.) DOI: 10.21638/11701/spbu05.2017.203.
11. Sehnem S., Provensi T., Silva T. H. H., Pereira S. C. F. Disruptive innovation and circularity in sustainable business models: A start-ups analysis. *Business Strategy and Environment*. 2022;31(4):1292—1307. DOI: 10.1002/bse.2955.
12. Ma S., Zhang Y., Liu Y. et al. Data-driven sustainable intelligent manufacturing based on demand response for energy-intensive industries. *Journal of Cleaner Production*. 2020.;274:123155. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.123155.
13. Bag S., Gupta S., Kumar S. Industry 4.0 adoption and 10R advance manufacturing capabilities for sustainable development. *International Journal of Production Economics*. 2021;231:107844. DOI: 10.1016/j.ijpe.2020.107844.
14. Chauhan A., Jakhar S. K., Chauhan C. The interplay of circular economy with Industry 4.0 enabled smart city drivers of healthcare waste disposal. *Journal of Cleaner Production*. 2021;279:123854. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.123854.
15. Lu J., Ren L., Zhang C. et al. Modified Carroll's pyramid of corporate social responsibility to enhance organizational performance of SMEs industry. *Journal of Cleaner Production*. 2020;271:122456. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.122456.

Статья поступила в редакцию 03.04.2023; одобрена после рецензирования 14.04.2023; принята к публикации 17.04.2023.
The article was submitted 03.04.2023; approved after reviewing 14.04.2023; accepted for publication 17.04.2023.