

В. В. Юрак  <sup>a)</sup>, М. А. Гурьева <sup>b)</sup>, И. Г. Полянская <sup>c)</sup><sup>a), b)</sup> Институт экономики УрО РАН, г. Екатеринбург, Российская Федерация<sup>a)</sup> Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация<sup>a)</sup> Санкт-Петербургский горный университет Императрицы Екатерины II, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация<sup>a)</sup> Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация<sup>b)</sup> Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Российская Федерация

## Развитие промышленности России в контексте перехода к циркулярной экономике и Индустрии 5.0<sup>1</sup>

**Аннотация.** В условиях перехода к циркулярной экономике и становления Индустрии 5.0 возрастает потребность в инструментах комплексной оценки трансформации промышленности. Цель исследования заключается в разработке методического подхода и в последующей оценке уровней развития промышленности России в условиях перехода к циркулярной экономике и Индустрии 5.0 за период 2015–2024 гг. Эмпирической базой исследования послужили официальные статистические данные по промышленному производству в Российской Федерации за 2015–2024 гг., отобранные по критериям сопоставимости и полноты. Применяются методы структурного и логического анализа, сравнительно-экономический подход, нормализации показателей на основе «мини-макс» масштабирования и интегральной оценки, обобщение и систематизация теоретических и эмпирических исследований. В результате предложена Матрица  $CE \times I5.0$ , позволяющая классифицировать уровни развития промышленности. Анализ динамики позиционирования показывает неравномерный характер изменений. В 2015 г. показатели  $I5.0$  и  $CE$  локализуют промышленность в квадранте VI, характеризующем средний уровень циркулярных практик при низком технологическом развитии. В 2016–2018 гг. значения постепенно увеличивались, произошло смещение в квадрант VIII, что отражает эволюционные изменения без качественных сдвигов. В 2019 г. рост  $CE$  и  $I5.0$  обозначает переход в квадрант V, свидетельствующий о постепенной адаптации к новым технологическим и институциональным условиям. Регресс зафиксирован в 2020 г. и 2022 г. из-за системных ограничений и снижения инвестиционной активности. В 2021 г. и 2024 г. наблюдается восстановление (локализация в квадранте IV), формирующее основу устойчивого развития. Эмпирические результаты подтверждают наличие устойчивой взаимосвязи между степенью внедрения принципов циркулярной экономики и уровнем технологического развития промышленности, выявляют синергетический эффект их совместной реализации, проявляющийся в повышении экономической эффективности, снижении ресурсной зависимости и укреплении устойчивости промышленного производства в долгосрочной перспективе. Результаты исследования могут быть использованы при разработке программ технологической модернизации промышленности.

**Ключевые слова:** циркулярная экономика, Индустрия 5.0, промышленное развитие, технологическое развитие, устойчивое развитие, методический инструментарий, интегральная оценка

**Для цитирования:** Юрак, В. В., Гурьева, М. А., Полянская, И. Г. (2026). Развитие промышленности России в контексте перехода к циркулярной экономике и индустрии 5.0. *Экономика региона*, 22(2), 414–430. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2026-2-13>

<sup>1</sup> © Юрак В. В., Гурьева М. А., Полянская И. Г. Текст. 2026.

## RESEARCH ARTICLE

Vera V. Yurak  <sup>a),</sup> Maria A. Gureva <sup>b),</sup> Irina G. Polyanskaya <sup>c)</sup><sup>a),c)</sup> Institute of Economics of the Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russian Federation<sup>a)</sup> Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation<sup>a)</sup> Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russian Federation<sup>a)</sup> Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russian Federation<sup>b)</sup> Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation

## Industrial Development in Russia amid the Transition to a Circular Economy and Industry 5.0

**Abstract.** The transition to a circular economy and the rise of Industry 5.0 are creating an increasing demand for comprehensive tools to assess industrial transformation. This study develops a methodological approach for evaluating the levels of industrial development in Russia under these twin conditions and applies it to the period 2015–2024. Empirically, the study draws on official statistical data on Russia's industrial production, selected according to criteria of comparability and completeness. The methodology integrates structural and logical analysis, a comparative economic approach, min–max normalization of indicators, and integral assessment, complemented by a systematic review of relevant theoretical and empirical literature. The principal output is a CE × I5.0 matrix that enables the classification of industrial development levels across nine quadrants. Analysis of positioning dynamics reveals an uneven trajectory of change. In 2015, industry was situated in Quadrant VI, reflecting moderate circular practices alongside low technological development. Between 2016 and 2018, incremental gains shifted positioning to Quadrant VIII, indicating evolutionary progress without substantial qualitative transformation. By 2019, improvements in both CE and I5.0 indicators signalled a transition to Quadrant V, suggesting gradual adaptation to emerging technological and institutional conditions. Regressions were recorded in 2020 and 2022, attributable to systemic constraints and declining investment activity, while recovery phases in 2021 and 2024 returned industry to Quadrant IV, consolidating a foundation for sustainable development. The empirical findings confirm a robust relationship between the adoption of circular economy principles and the level of industrial technological development. Their joint implementation produces a synergistic effect, manifested in improved economic efficiency, reduced resource dependence, and enhanced long-term resilience of industrial production. The findings offer practical value for the design of industrial and technological modernization programs.

**Keywords:** circular economy, Industry 5.0, industrial development, technological development, sustainable development, methodological tools, integral assessment

**For citation:** Yurak, V. V., Gureva, M. A., & Polyanskaya, I. G. (2026). Industrial Development in Russia amid the Transition to a Circular Economy and Industry 5.0. *Ekonomika regiona / Economy of regions*, 22(2), 414–430. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2026-2-13>

### Введение

Современное развитие экономики промышленности описывается с позиции совокупности нарастающих ресурсных, экологических и социальных ограничений и вызовов. Происходящий повсеместный рост материалоемкости производства, усложнение цепочек создания стоимости и усиление требований к ESG-повестке формируют необходимость пересмотра традиционных моделей промышленного производства на различных уровнях экономического анализа. В бизнес-среде распространенная модель концепта циркулярной экономики рассматривается не только с позиции элемента абстрактной экологической повестки, а как новая экономическая модель перераспределения ресурсов и снижения структурных рисков промышленного производства, эффективно применяемая для перехода к новому технологическому укладу и ускорению формирования промышленности эпохи Индустрии 5.0 (Бабкин и др., 2023; Глазьев,

1993; Клейнер и др., 2023; Кудряшов и др., 2024; Малевская-Малевиц, 2024).

Парадигма Индустрии 5.0 формирует совокупность новых возможностей для проведения анализа эффективности развития экономики промышленности. В отличие от Индустрии 4.0, ориентированной на цифровую автоматизацию и рост производительности, Индустрия 5.0 акцентирует внимание на согласовании технологического развития с социальными и экологическими ограничениями, особо подчеркивая важность роли человека в производственных системах<sup>1</sup> (Шкарупета и др., 2023; Матюгина и др., 2024; Кирильчук и др., 2024).

<sup>1</sup> Breque, M., De Nul, L., & Petridis, A. (2021). Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation. URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/468a892a-5097-11eb-b59f-01aa75ed71a1> (дата обращения: 10.01.2026).

Связь циркулярной экономики и Индустрии 5.0 в теории экономики промышленности носит функциональный и взаимозависимый характер. С экономической точки зрения эффекты, возникающие в процессе применения моделей циркулярной экономики, обуславливают изменения в структуре издержек, перераспределение сырьевой базы внутри промышленного производства, смену подходов к организации цепочек создания стоимости и изменения характера взаимодействия между производственными звеньями в промышленности (Клейнер, 2022; Бобылев и др., 2020; Пахомова и др., 2017; Булетова и др., 2025). Вместе с тем применение модели циркулярной экономики в теории промышленного развития обладает рядом выраженных положительных эффектов, ускоряющих формирование Индустрии 5.0 (Игнатьева и др., 2021; Ignatyeva et al., 2021; Kirsanov, 2023; Gureva, 2025).

В свою очередь Индустрия 5.0 формирует условия, при которых основные принципы циркулярной экономики (Вегнер-Козлова, Гуман, 2020) способны приобретать экономическую реализуемость. Комплексное использование цифровых решений, институционально-организационных практик и человеческого потенциала способствует развитию циркулярной экономики (Акбердина, Василенко, 2021; Мочалова, 2020; Кудрявцева и др., 2019; Ветрова, 2021; Petrov et al., 2025). В настоящее время в научном сообществе зарождается уникальное направление — «цифровая циркулярная экономика» в промышленности (Шкарупета, Ильина, 2022). Эмпирические исследования показывают, что сочетание циркулярных практик способствует снижению транзакционных издержек и повышению гибкости промышленного производства (Gong et al., 2025; de Jesus & Mendonça, 2018).

Возникающий синергизм циркулярной экономики и Индустрии 5.0 выражается в снижении зависимости промышленности от первичных ресурсов и в повышении устойчивости производственных систем к внешним вызовам. В современной научной литературе сформирован концептуальный задел для проведения анализа циркулярной экономики и Индустрии 5.0, вместе с тем экономическое содержание возникающего нового синергетического эффекта применительно к промышленности остается недостаточно раскрытым.

Цель настоящего исследования заключается в разработке методического подхода, позволяющего интегрировано анализировать взаимосвязь технологического развития промышленности и уровня внедрения принципов циркулярной экономики, и в последующем проведении на базе разработанного методического подхода оценки уровней развития промышленности России

в условиях перехода к циркулярной экономике и Индустрии 5.0 за период 2015–2024 гг. В рамках исследования предполагается уточнить экономическое содержание данной взаимосвязи и обозначить возможные траектории развития промышленности с учетом будущих ограничений и вызовов. Объектом выступают отрасли промышленности РФ, формирующиеся под воздействием принципов циркулярной экономики и парадигмы Индустрии 5.0. Авторами применяются сравнительно-экономический подход, методы структурного и логического анализа, нормализации показателей на основе «мини-макс» масштабирования и интегральной оценки, а также обобщение и систематизация теоретических и эмпирических исследований в области циркулярной экономики и Индустрии 5.0 на основе источников научной литературы. Практическая значимость исследования заключается в расширении аналитических оснований интерпретации циркулярной экономики как эффективной модели для формирования Индустрии 5.0.

### Теория

Анализ ряда современных источников научной литературы по Индустрии 5.0 и циркулярной экономике позволяет выделить несколько позиций, формирующих гипотетическую рамку настоящего исследования. Большинство авторов сходятся во мнении, что традиционные модели промышленного развития, характерные для парадигмы Индустрии 4.0, недостаточны для обеспечения устойчивости и экономической стабильности промышленности в условиях ресурсных и институциональных ограничений будущего.

В работах Бреке и др.<sup>1</sup> обоснован переход к устойчивому технологическому развитию промышленности с учетом социально-экологических ограничений современности. Российские ученые в своем научном труде исследовали роль интеллекта как ключевого фактора деятельности современных предприятий (Клейнер и др., 2023), подтвердив прямую зависимость между уровнем интеллекта сотрудников на предприятии и инновационностью выпускаемой продукции. Ими установлено, что интеллект является одним из ключевых факторов конкурентоспособности предприятия. Коллектив авторов, возглавляемый Ю.Г. Лавриковой (2022), подчеркивает необходимость сбалансированного подхода к реализации зеленого энергоперехода, учиты-

<sup>1</sup> Breque, M., De Nul, L., & Petridis, A. (2021). Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/468a892a-5097-11eb-b59f-01aa75ed71a1> (дата обращения: 10.01.2026).

вающего как экологические, так и экономические аспекты развития промышленности России. В своей работе В.В. Акбердина (2023) доказывает, что существует значимая положительная корреляция между инвестициями в цифровизацию экономики и расходами на охрану окружающей среды, т. е. процесс цифровизации, характерный для развития промышленности Индустрии 5.0, стимулирует рост экологических инвестиций (предположительно, включающих в себя затраты на технологии циркулярной экономики). О.А. Романова и Д.В. Сиротин (2024) отмечают необходимость дальнейшего развития человеческого капитала и повышения экологической ответственности как ключевых факторов перехода к Индустрии 5.0 на примере металлургической отрасли. На наш взгляд, в подтверждение логики рассуждений чрезвычайно важно привести коллективную монографию Института экономики УрО РАН под общей редакцией Ю.Г. Лавриковой (2024) «Большой Урал: социально-экономические и пространственные изменения в первые десятилетия XXI века», в которой прослеживается ключевая мысль о фактическом включении промышленными компаниями Урала в стратегические перспективы обязательного учета реализации принципов ESG (см. п. 6.1, авторский коллектив: В.В. Акбердина, О.А. Романова, А.В. Иванченко, А.О. Пономарева) и описание актуальных тенденций развития ESG-подходов в повестках развития регионов Большого Урала (см. п. 12.3 за авторством Е.О. Вегнер-Козловой). Следовательно, обобщая точки зрения вышеизложенных авторов, устойчивость и человекоцентричность должны рассматриваться как элементы экономической эффективности, что формирует основу гипотезы 1, согласно которой принципы Индустрии 5.0 изменяют содержание экономической эффективности промышленного производства, включая параметры, связанные с реализацией концепта циркулярной экономики.

Ряд исследований, посвященных изучению циркулярной экономики (представлены в работах Geissdoerfer et al., 2017; Kirchherr et al., 2017 и др.), выявляют проблематику методологической фрагментарности и преобладания экологической интерпретации данного концепта. Отсутствие четкого представления о возможной экономической эффективности применения циркулярной экономики ограничивает фактическое внедрение циркулярных бизнес-моделей в промышленности (Ignatyeva et al., 2021a; Ignatyeva et al., 2021b). В работе С.Н. Бобылева и С.В. Соловьевой (2020) обоснована потребность в трансформации линейной экономической модели и внедрение новой системы количественных индикаторов, характеризующих

ресурсоэффективность и материалоемкость экономики промышленности. Российские исследования, представленные в работах (Бабкин и др., 2024; Шкарупета, 2024), подтверждают наличие разрыва между повсеместно декларируемыми принципами циркулярной экономики и реальным развитием отраслей промышленности. Авторы подчеркивают, что без изменения организационных механизмов управления «циркулярные» инициативы не приводят к положительным экономическим эффектам в промышленности. В работе М.А. Ветровой (2025) приводятся разработки авторского индекса и методики оценки уровня готовности субъектов России к развитию низкоуглеродной циркулярной экономики. Данные выводы подводят к гипотезе 2, предполагающей, что модель циркулярной экономики в промышленности при переходе к Индустрии 5.0 реализуется как эффективный способ перераспределения ресурсов только при наличии соответствующих системных технологических предпосылок и организационных механизмов внедрения.

В работе (de Jesus & Mendonça, 2018) показано, что экономическая результативность циркулярных моделей зависит от институциональной среды и координации участников производственных цепочек. В своем научном труде Шафик и др. (Shafique et al., 2024) провели эмпирическое исследование на примере данных китайской обрабатывающей промышленности. Авторы применили метод SEM (Моделирование структурными уравнениями) и построили теоретическую модель, связывающую технологические способности Индустрии 5.0 и фактические практики циркулярной экономики. В систематическом обзоре Зюле и др. (Süle et al., 2025) применены методы co-word анализа (совместная встречаемость слов) и тематического моделирования BERTopic на базе 283 статей. Метод анализа ключевых слов выявил динамику интеграции взаимосвязанности технологий Индустрии 5.0 с реализацией принципов циркулярной экономики в целях устойчивого промышленного производства. Месяш-Лех и др. (Mesjasz-Lech et al., 2024) в исследовании показывают статистически значимую связь между использованием технологий Индустрии 5.0 и уровнем замкнутых циклов в производстве. Стратегический анализ моделей Индустрии 5.0 и циркулярной экономики показывает, что инструменты Индустрии 5.0 сами по себе могут выступать драйверами перехода к циркулярной экономике. В частности, Сюй и др. (Hsu et al., 2024) в работе по построению стратегической дорожной карты выявили 11 ключевых факторов Индустрии 5.0, которые способствуют трансформации циркулярных практик и объясняют механизмы пе-

рехода от линейных моделей к замкнутым циклам в промышленности. В исследовании А.А. Ваулина, И.Ю. Буленко (2025) расчетным способом на уровне отдельных предприятий доказано, что интеграция принципов циркулярной экономики и технологий Индустрии 5.0 обеспечивает повышение эколого-экономической эффективности промышленности. Представленные результаты формируют гипотезу 3, согласно которой синергизм циркулярной экономики и Индустрии 5.0 проявляется через снижение ресурсной зависимости и структурных рисков промышленного производства.

В цикле работ Е.В. Шкарупеты (2022–2024) Индустрия 5.0 рассматривается как человекоцентричная модель промышленного развития, расширяющая содержание и представление об эффективности за счет включения оценки показателей социально-экологического характера. Авторский коллектив в своих работах подчеркивает необходимость системного пересмотра критериев оценки развития промышленности. В развитие идеи человекоцентричной модели приведем несколько исследований, в которых предприняты попытки расширения инструментария оценки. К примеру, глава Е.Х. Тухтаровой в коллективной монографии «Большой Урал...» (2024) посвящена исследованию влияния технологических укладов на развитие человеческого капитала и института семьи в Уральском регионе, в частности, описано, что в целях обеспечения высокого уровня качества человеческого капитала необходимо осуществить комплексную модернизацию системы образования с учетом актуальных запросов производственного сектора и перспективных потребностей национальной экономики. В исследовании В.В. Юрак и М.А. Гурьевой (2024) доказана взаимосвязь между уровнем экологического интеллекта хозяйствующих субъектов промышленности и эффективностью внедрения принципов циркулярной экономики на предприятиях нефтегазового сектора. Другой коллектив авторов предлагает использовать адаптированный интегральный авторский индекс для оценки циркулярного развития (*Integral Indicator Russian Federation — IIRF*), представляющий собой модифицированный подход, основанный на статистических данных валовой добавленной стоимости и промежуточного потребления (Брылева, Новиков, 2025). Перечисленное выше позволяет сформулировать гипотезу 4, предполагающую, что в логике актуальных исследований «устойчивое развитие» и «циркулярность» рассматриваются как внутренние параметры экономической эффективности промышленного производства в долгосрочной перспективе.

Несмотря на значительное количество исследований, посвященных циркулярной экономике и концепции Индустрии 5.0, данные направления, как правило, рассматриваются в научной литературе изолированно. В перечисленных исследованиях недостаточно разработаны методические инструменты, позволяющие осуществлять интегральную количественную оценку взаимосвязи технологической модернизации промышленности и внедрения принципов циркулярной экономики. Это определяет необходимость разработки комплексных аналитических моделей, позволяющих оценивать данные процессы в рамках единого методического подхода. В свою очередь, проведенный анализ литературы позволяет сформировать теоретико-методическую базу исследования, требующую применения статистического подхода для обоснования представленных выше гипотез.

### Данные и методы

Информационная база исследования сформирована с учетом междисциплинарного характера проблематики циркулярной экономики и парадигмы Индустрии 5.0, а также с целью анализа циркулярных бизнес-моделей и оценки их экономических эффектов в промышленности. В исследовании используются результаты теоретических и эмпирических научных работ, выполненных с применением совокупности разнообразных методов анализа.

В качестве базового метода используется структурный анализ, позволяющий выявить изменения в промышленном производстве при переходе от линейных к циркулярным и человекоцентричным моделям промышленного производства, характерных для парадигмы Индустрии 5.0. Структурный анализ применяется для исследования трансформации производственных процессов, структуры издержек, цепочек создания стоимости в промышленном производстве. Для выявления причинно-следственных связей между внедрением принципов циркулярной экономики, развитием технологий Индустрии 5.0 и изменением параметров экономической эффективности в промышленности используется логико-экономический анализ, позволяющий формализовать ключевые экономические механизмы. Метод сравнительного экономического анализа используется для сопоставления эмпирических данных и выявления эволюции представлений об эффективности промышленного производства в разных технологических укладах. Применение методов обобщения и систематизации теоретических и эмпирических исследований, представленных в со-

временной научной литературе, позволяет использовать полученные результаты в качестве внешних подтверждений выдвинутых гипотез. Выбранная совокупность указанных данных и методов обеспечивает целостный анализ исследуемой проблематики и соответствует поставленной цели.

Далее для подтверждения выдвинутых в исследовании гипотез сформирован набор исходных статистических данных по группам критериев, отражающих тенденции индустриального роста, изменение уровня ресурсной и энергетической емкости промышленности, результативность экологических мероприятий, процессы технологического обновления, степень человекоцентричности развития, предпосылки и потенциал индустриального роста. В рамках исследования формирование данных основывается на использовании системы статистических показателей, отражающих ключевые характеристики соответствующих концепций. Данные по развитию промышленности в рамках Индустрии 5.0 представляют собой индикаторы, характеризующие уровень инновационной активности промышленности, технологическую модернизацию и цифровизацию производства, развитие человеческого капитала и производительность труда, что соответствует базовым принципам концепции Индустрии 5.0, ориентированной на человекоцентричность, устойчивость и технологическую трансформацию промышленности. Данные по циркулярной экономике сформированы на основе показате-

лей ресурсной и энергетической эффективности производства, экологических инвестиций, характеристик использования материальных ресурсов и обращения отходов, позволяющих отражать институционально-технологические предпосылки трансформации промышленности в направлении принципов циркулярной экономики и Индустрии 5.0. Выделение указанных групп критериев и соответствующих индикаторов основано на систематизации и обобщении отечественных и зарубежных исследований, посвященных циркулярной экономике, устойчивому промышленному развитию и концепции Индустрии 5.0, ранее представленных в разделе «Теория».

Отбор соответствующих показателей осуществлялся с учетом принципов релевантности выдвинутым гипотезам, системности и сбалансированности, а также требований сопоставимости, полноты и репрезентативности статистических данных. Используемые показатели отвечают принципам доступности и единообразия методологии расчета, обладают статистической надежностью и интерпретируемостью. Ограничением исследования является неполнота статистических данных по ряду показателей, что связано с новизной концепций и отсутствием унифицированного учета. Для анализа использованы доступные и сопоставимые данные, обеспечивающие воспроизводимость результатов и адекватное отражение ключевых процессов трансформации промышленности (табл. 1).

Таблица 1

Статистические исходные данные для доказательств выдвинутых в исследовании гипотез (составлено авторами с использованием источников открытой информации), %

Table 1

Statistical data underpinning study hypotheses (compiled by the authors using open-source data), %

Показатель	Анализируемый временной период (годы)									
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
<i>Гипотеза 1. Принципы Индустрии 5.0 изменяют содержание экономической эффективности промышленного производства, включая параметры, связанные с реализацией концепта циркулярной экономики.</i>										
<i>Предмет гипотезы – эффективность отраслей промышленности</i>										
Индекс промышленного производства	100,20	101,80	103,70	103,50	103,40	97,90	106,30	100,70	104,30	105,60
Индекс производительности труда в экономике	98,60	100,00	102,00	103,10	102,40	99,50	103,90	97,10	102,40	103,40
Индекс физического объема валовой добавленной стоимости креативной экономики	нд*	нд	нд	107,43	106,30	96,14	119,53	97,03	115,63	112,06
Рентабельность активов	нд	нд	5,00	6,38	6,76	4,48	9,30	6,95	7,55	6,10
Коэффициент обновления основных фондов	нд	нд	4,30	4,70	4,70	3,90	4,00	4,60	4,10	4,00
Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом внутреннем продукте	21,09	21,32	21,79	21,32	22,23	25,00	22,89	21,95	23,55	23,32

Продолжение табл. 1 на след. стр.

Показатель	Анализируемый временной период (годы)									
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
<i>Гипотеза 2. Модель циркулярной экономики в промышленности при переходе к Индустрии 5.0 реализуется как эффективный способ перераспределения ресурсов только при наличии соответствующих системных технологических предпосылок и организационных механизмов внедрения.</i>										
<i>Предмет гипотезы – принципы циркулярной экономики и регламенты</i>										
Индексы физического объема ненефтегазового ВВП	нд	нд	102,00	101,55	103,58	99,38	105,47	98,23	107,17	104,95
Индекс потребления топливно-энергетических ресурсов на одного занятого в экономике страны***	93,94	102,15	103,16	103,06	99,01	96,00	101,04	98,97	101,04	нд
Доля нормативно очищенной сточной воды	11,48	11,70	12,51	13,27	14,62	17,94	20,38	22,03	24,37	35,83
Доля электрической энергии, производимой с использованием возобновляемых источников энергии, в общем объеме производства электрической энергии	15,80	17,00	17,00	17,30	17,50	19,80	19,00	17,60	17,70	17,97
Индекс энергоемкости валового внутреннего продукта за год***	102,40	101,49	100,42	99,61	96,99	96,19	97,45	100,76	98,71	нд
Доля утилизированных и обезвреженных отходов производства и потребления в общем объеме образовавшихся отходов производства и потребления	53,06	59,60	52,50	52,60	50,10	49,30	46,60	45,70	42,70	36,20
Индекс количества посетителей объектов эколого-просветительской деятельности и познавательного туризма в государственных природных заповедниках и национальных парках	128,24	109,99	119,75	99,53	130,86	76,79	153,03	136,70	101,44	111,57
<i>Гипотеза 3. Синергизм циркулярной экономики и Индустрии 5.0 проявляется через снижение ресурсной зависимости и структурных рисков промышленного производства.</i>										
<i>Предмет гипотезы – синергизм Индустрии 5.0 и циркулярной модели экономики</i>										
Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом внутреннем продукте	21,09	21,32	21,79	21,32	22,23	25,00	22,89	21,95	23,55	23,32
Индекс промышленного производства	100,20	101,80	103,70	103,50	103,40	97,90	106,30	100,70	104,30	105,60
Индексы физического объема ненефтегазового ВВП	нд	нд	102,00	101,55	103,58	99,38	105,47	98,23	107,17	104,95
Индекс производительности труда в экономике	98,60	100,00	102,00	103,10	102,40	99,50	103,90	97,10	102,40	103,40
Валовые внутренние затраты на развитие цифровой экономики	нд	нд	3,60	3,60	3,70	3,80	3,60	3,30	3,10	3,30
Удельный вес организаций, осуществлявших инновации, направленные на улучшение экологии в отчетном году, в общем числе обследованных организаций	1,60	нд	1,10	нд	0,60	нд	1,00	нд	1,10	нд
Доля предприятий, достигших ежегодного 5%-ного прироста производительности труда на предприятиях-участниках, внедряющих мероприятия национального проекта под федеральным и региональным управлением, в течение трех лет участия в проекте, %	нд	нд	нд	нд	нд	нд	52,00	66,68	68,46	нд

Окончание табл. 1 на след. стр.

Окончание табл. 1

Показатель	Анализируемый временной период (годы)									
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Динамика коэффициента изобретательской активности (число патентных заявок, поданных резидентами в национальное патентное ведомство, в расчете на 10 тыс. чел. населения)	121,23	91,30	84,88	109,40	93,55	102,16	82,63	97,29	108,85	104,26
Индекс энергоёмкости валового внутреннего продукта за год***	102,40	101,49	100,42	99,61	96,99	96,19	97,45	100,76	98,71	нд
<i>Гипотеза 4. В логике актуальных исследований «устойчивое развитие» и «циркулярность» рассматриваются как внутренние параметры экономической эффективности промышленного производства в долгосрочной перспективе.</i>										
<i>Предмет гипотезы – долгосрочная устойчивость</i>										
Индекс ВВП	98,03	100,19	101,83	102,81	102,20	97,35	105,87	98,56	104,08	104,34
Доля утилизации отходов в промышленности (расчетный показатель)	2,00	2,00	2,00	2,00	3,50	7,00	11,60	12,00	13,00	14,00
Индекс объема инвестиций в основной капитал, направленных на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов	95,68	92,02	110,28	102,34	111,02	111,96	152,79	102,50	120,99	101,08
Интегральный индекс циркулярного развития**	104,61	100,91	99,69	99,69	100,25	96,40	95,83	108,00	115,39	127,27

Примечания: \* нд — здесь и далее обозначает отсутствие официальных статистических данных; \*\* расчетное значение выполнено по авторской методике Integral indicator Russian Federation (IIRF) А. С. Брылевой, К. А. Новикова (2025); исходные данные на 2022–2024 гг. одного из показателей получены путем корреляции согласно консервативному сценарию прогнозирования; \*\*\* показатели дестимулирующего характера.

Источники: Федеральная служба государственной статистики (Росстат). (б. д.). Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (Росстат). URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 10.01.2026); Федеральная государственная информационная система «Единая межведомственная информационно-статистическая система» (ЕМИСС). (б. д.). Официальный сайт Федеральной государственной информационной системы «Единой межведомственной информационно-статистической системы» (ЕМИСС). URL: <https://www.fedstat.ru/> (дата обращения: 10.01.2026); Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». (б. д.). Первичные данные и базы статистической информации. URL: <https://www.hse.ru/primarydata/> (дата обращения: 10.01.2026)

### Полученные результаты

Авторами предлагается разработка матрицы системной трансформации промышленности в контексте циркулярной экономики и Индустрии 5.0, предназначенной для оценки уровней развития промышленности и идентификации направлений ее структурных изменений (Матрица  $CE \times I5.0$ ). Основой построения матрицы являются статистические данные, преобразованные в интегральные точки как средние значения согласно правилу «мини-макс» масштабирования, подтверждающие сформулированные авторами гипотезы. Выбор данного метода обусловлен его распространенностью в исследованиях, связанных с построением интегральных индексов и способностью сохранять относительные различия между наблюдениями. В отличие от метода Z-нормализации, метод «мини-макс» считается менее чувствительным к распределению исходных данных и обеспечивает более наглядную интерпретацию результатов.

Для приведения статистических данных к стандартизированному виду применены

формулы правила «мини-макс» в следующей последовательности:

- осуществлен выбор статистических показателей за 2015–2024 гг.;
- статистический ряд данных за 2015–2024 гг. представлен в виде индексов роста;
- проведена процедура нормализации показателей на основе формул правила «мини-макс»:
- для величин стимулирующего характера:

$$Xi_{norm} = \frac{(X_i - X_{min})}{(X_{max} - X_{min})}, \quad (1)$$

- для величин дестимулирующего характера:

$$Xi^{norm} = \frac{(X_{max} - X_i)}{(X_{max} - X_{min})}, \quad (2)$$

где  $Xi_{norm}$ ,  $Xi^{norm}$  — нормализованное значение индикатора по правилу «мини-макс» в соответствии с характером влияния (стимулирующее / дестимулирующее);  $Xi$  — значение индикатора для  $i$ -го года;  $X_{max}$ ,  $X_{min}$  — минимальное и максимальное значение индикатора по выборке.

Отметим, что в ходе данного исследования среди набора статистических данных только два оценены как «показатели-дестимулы», а именно «Индекс энергоемкости валового внутреннего продукта за год» и «Индекс потребления топливно-энергетических ресурсов на одного занятого в экономике страны».

Для оси абсцисс ОХ (I5.0) — «Уровень развития промышленности в парадигме Индустрии 5.0» — используются гипотезы 1 и 3, а для оси ординат ОУ (СЕ) — «Уровень внедрения принципов циркулярной экономики в промышленности» — гипотезы 2 и 4 (рис. 1).

Следуя логической цепочке рассуждений, в рамках построения Матрицы СЕ × I5.0 выделяются девять квадрантов, формируемых на основе трехуровневой шкалы оценки, предусматривающей градацию уровней развития «низкий — средний — высокий» по каждой оси, сформированной с использованием шагов шкалы Харрингтона (Мицкевич, 2018). Первый уровень («Низкий») принадлежит числовому интервалу [0; 0,37], качественное описание — неудовлетворительное состояние развития («низкий» или «очень низкий»). Второй уровень («Средний») охватывает диапазон значений [0,37; 0,63] и отражает удовлетворительный уровень развития («удовлетворительно», «средне»). Третий уровень («Высокий») представлен интервалом значений [0,63; 1] и описательными оценками «хорошо», «очень хорошо». Каждый квадрант отражает специфическую комбинацию технологического развития промышленности в процессе формирования Индустрии 5.0 и степени внедрения способствующих данному переходу принципов циркулярной экономики (табл. 2).

Предлагаемая Матрица СЕ × I5.0 представляет собой методический инструмент, обеспечивающий комплексную интерпретацию уровней развития промышленности в условиях перехода к циркулярной экономике и Индустрии 5.0.

Использование данных на основе региональной статистики позволяет позиционировать субъекты России в пространстве технологического и экологически ориентированного промышленного развития, что открывает возможности для сравнительного анализа региональных промышленных систем и выявления дифференциации в процессах внедрения принципов циркулярной экономики. Результаты, полученные на основе применения разработанной матрицы, обладают высоким потенциалом для определения региональных траекторий промышленной модернизации.

Применение матрицы позволяет на основе расчетов интегральных показателей эмпирически проверить выдвинутые авторами гипотезы, установить характер взаимосвязей между уровнем технологического развития промышленности и степенью внедрения принципов циркулярной экономики, классифицировать исследуемые объекты по соответствующим квадрантам, что формирует основу для последующего проведения расчетов по статистическим данным, направленных на верификацию полученных выводов и выявление приоритетных направлений структурных изменений в промышленности.

### Выводы

На основе преобразованного массива статистических данных и рассчитанных интегральных значений для осей ОХ (I5.0) и ОУ (СЕ), полученных как средние значения нормализованных показателей в соответствии с процедурой «мини-макс» масштабирования, авторами проведена оценка уровней развития промышленности России в условиях перехода к циркулярной экономике и Индустрии 5.0 в 2015–2024 гг. и сформирована актуализированная Матрица СЕ × I5.0 (рис. 2).

Уровень внедрения принципов циркулярной экономики в промышленности (СЕ)	Высокий уровень	1	Квадрант III	Квадрант II	Квадрант I
	Средний уровень	0,63	Квадрант VI	Квадрант V	Квадрант IV
	Низкий уровень	0,37	Квадрант IX	Квадрант VIII	Квадрант VII
		0	0,37	0,63	1
			Низкий уровень	Средний уровень	Высокий уровень
<b>Уровень развития промышленности в парадигме Индустрии 5.0 (I5.0)</b>					

Рис. 1. Матрица СЕ × I5.0 оценки уровней развития промышленности в условиях перехода к циркулярной экономике и Индустрии 5.0 (источник: составлено авторами)

Fig. 1. CE × I5.0 Matrix for assessing industrial development levels (compiled by the authors)

Таблица 2

Характеристика квадрантов Матрицы CE × I5.0 уровней развития промышленности в условиях циркулярной экономики и Индустрии 5.0

Table 2

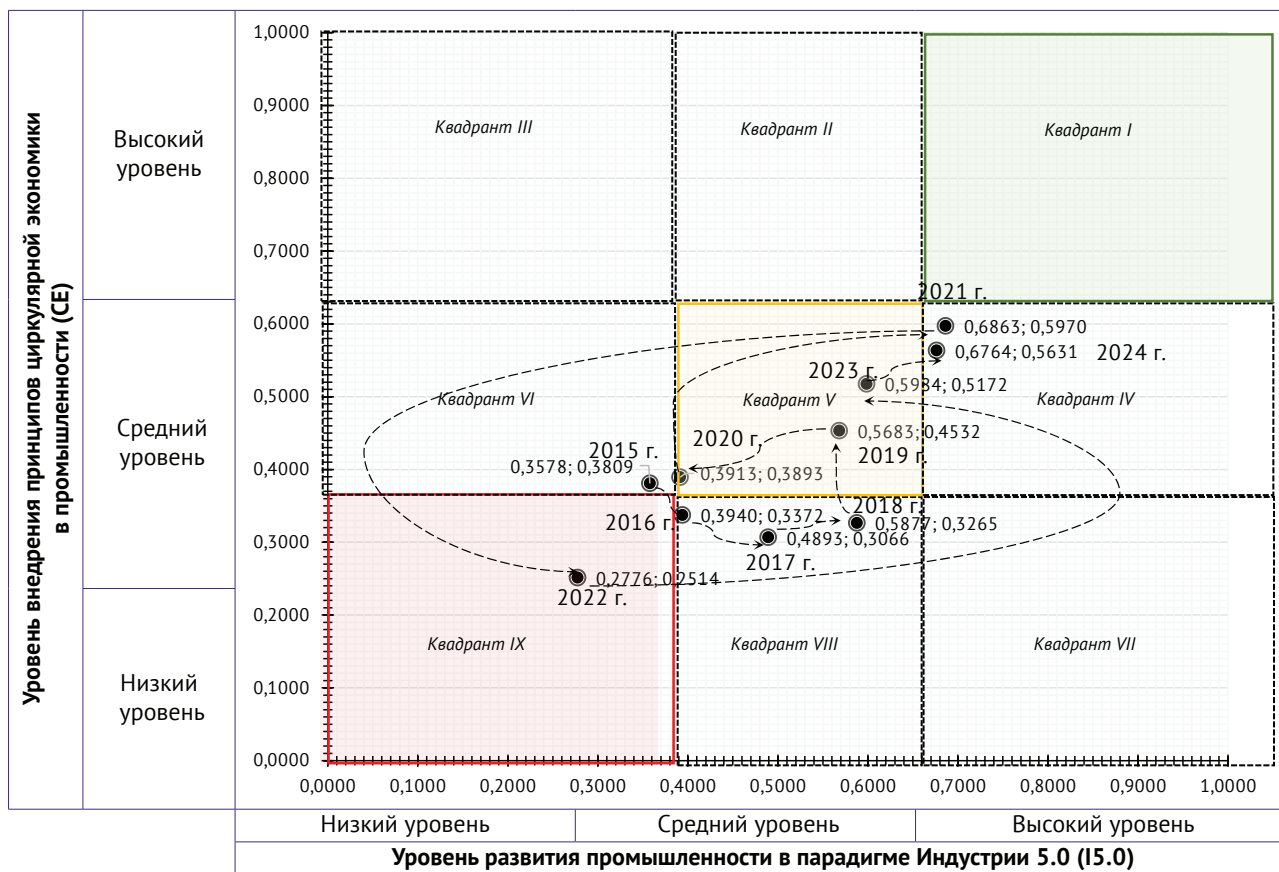
Quadrant characteristics of the CE × I5.0 Matrix (compiled by the authors)

Название квадранта	Значение по осям		Краткая характеристика
	уровень I5.0	уровень CE	
Квадрант I	высокий	высокий	Отрасли промышленности с высоким технологическим уровнем и активной интеграцией принципов циркулярной экономики. Наблюдается максимальная эффективность и устойчивость экономической системы
Квадрант II	средний	высокий	Отрасли промышленности с умеренным уровнем развития технологий при высоком внедрении принципов циркулярной экономики. Требуется совершенствование технологической базы промышленности
Квадрант III	низкий	высокий	Отрасли промышленности активно применяют принципы циркулярной экономики в условиях технологической ограниченности. Необходима модернизация инновационных процессов и наращивание изобретательской активности
Квадрант IV	высокий	средний	Отрасли промышленности с высоким технологическим уровнем развития и умеренным внедрением моделей циркулярной экономики. Актуально формирование механизмов рационального (включая вторичное) использования ресурсов, необходима интенсификация процессов развития технологий замкнутого цикла
Квадрант V	средний	средний	Отрасли промышленности со средними показателями по обоим критериям. Требуется комплексная модернизация и интеграция циркулярных практик и основ Индустрии 5.0
Квадрант VI	низкий	средний	Отрасли промышленности с ограниченными технологиями и умеренной интеграцией моделей циркулярной экономики. Необходим системный подход к трансформации экономической системы в стратегической перспективе
Квадрант VII	высокий	низкий	Отрасли промышленности с развитой технологической базой, но слабым внедрением бизнес-моделей и принципов циркулярной экономики. Это обуславливает необходимость повышения экологической эффективности и устойчивости производственных процессов
Квадрант VIII	средний	низкий	Отрасли промышленности, характеризующиеся умеренным уровнем технологического развития и ограниченной степенью внедрения принципов циркулярной экономики. Требуется поэтапное внедрение циркулярных практик и модернизация производственных процессов
Квадрант IX	низкий	низкий	Низкие значения по обоим оцениваемым критериям. Необходимы комплексные системные преобразования

Источник: составлено авторами.

Анализ динамики позиционирования промышленности в Матрице CE × I5.0 за период 2015–2024 гг. свидетельствует о неравномерном характере ее структурных изменений в условиях перехода к циркулярной экономике и Индустрии 5.0. В 2015 г. начальная точка значений интегральных показателей локализуется в квадранте VI. Далее в период 2016–2018 гг. наблюдается переход в квадрант VIII, характеризующийся эволюционным характером изменений без выраженных качественных сдвигов, что свидетельствует о фрагментарности циркулярных практик и ограниченности процессов технологической модернизации промышленности в указанный период. В 2019 г. наблюдается переход в квадрант V, отражающий адаптацию промышленности к технологическим и институциональным условиям циркулярной экономики. В 2020 г. и 2022 г. зафиксированы существенные регрессивные смещения, вплоть до перемещения в квадрант IX в 2022 г., что сопровождается снижением значений по обоим осям матрицы

и свидетельствует об усилении системных ограничений, а также о снижении инвестиционной и инновационной активности, обусловленном очевидными внешними факторами макросреды. Уменьшение значений индексов в 2020 г. связано с последствиями пандемии COVID-19, включая сокращение промышленного производства, снижение инвестиционной активности и нарушение глобальных производственных цепочек. Изменения в 2022 г. обусловлены трансформацией внешнеэкономических условий функционирования промышленности, включая усиление санкционных ограничений, изменение логистических цепочек и необходимость технологической адаптации предприятий. Совокупность перечисленных факторов привела к снижению активности и замедлению процессов технологической модернизации промышленности, что нашло отражение в снижении значений индексов CE и I5.0. В 2021 г. наблюдается восстановительная динамика, сопровождающаяся резким переходом в квадрант IV, что отражает рост уровня



Год Ось	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
OX – I5.0	0,3578	0,3940	0,4893	0,5877	0,5683	0,3913	0,6863	0,2776	0,5984	0,6764
OY – CE	0,3809	0,3372	0,3066	0,3265	0,4532	0,3893	0,5970	0,2514	0,5172	0,5631

**Рис. 2.** Матрица CE × I5.0. Оценка уровней развития промышленности России в условиях перехода к циркулярной экономике и Индустрии 5.0 в 2015–2024 гг. (источник: составлено авторами на основе данных открытого доступа: Федеральная служба государственной статистики (Росстат). (б. д.). Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (Росстат). URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 10.01.2026); Федеральная государственная информационная система «Единая межведомственная информационно-статистическая система» (ЕМИСС). (б. д.). Официальный сайт. URL: <https://www.fedstat.ru/> (дата обращения: 10.01.2026); Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». (б. д.). Первичные данные и базы статистической информации. URL: <https://www.hse.ru/primarydata/> (дата обращения: 10.01.2026)

**Fig. 2.** CE × I5.0 assessment of Russian industrial development, 2015–2024 (compiled by the authors)

технологического развития промышленности при одновременном усилении внедрения принципов циркулярной экономики. К 2024 г. данная тенденция закрепляется, формируются предпосылки для устойчивого структурного развития промышленности в логике Индустрии 5.0 посредством использования модели циркулярной экономики.

Далее представлены результаты верификации авторских гипотез данного исследования, полученные на основе проведенного анализа динамики позиционирования промышленности по Матрице CE × I5.0 за период 2015–2024 гг.

— Гипотеза 1. Принципы Индустрии 5.0 изменяют содержание экономической эффективности промышленного производства, включая параметры, связанные с ре-

лизацией концепта циркулярной экономики. Подтверждена. Преимущественно устойчивое нахождение значений в квадрантах со средними значениями по осям и абсцисс OX (I5.0), и ординат OY (CE) — квадранты V (значения 2019 г., 2020 г., 2023 г.) и VIII (2016–2018 гг.). Развитие промышленности в парадигме Индустрии 5.0 положительно связано с общим уровнем ее структурного развития. Современная экономическая эффективность промышленного производства приобретает системный характер и включает технологическую зрелость, устойчивость и адаптивность промышленного производства.

— Гипотеза 2. Модель циркулярной экономики в промышленности при переходе к Индустрии 5.0 реализуется как эффективный способ перераспределения ресурсов только при наличии

соответствующих системных технологических предпосылок и организационных механизмов внедрения. Подтверждена. Смещение в квадрант с более высокими значениями по оси ординат ОУ (СЕ) (переход в квадрант IV в 2021 г. и 2024 г.). Концентрация значений в средних и низких квадрантах наблюдается при фрагментарном внедрении модели циркулярной экономики, т. е. рост уровня внедрения принципов циркулярной экономики способствует повышению устойчивости промышленного развития. Применение практики циркулярной экономики не формирует устойчивого эффекта роста промышленности без комплексной технологической и институциональной базы.

— Гипотеза 3. Синергизм циркулярной экономики и Индустрии 5.0 проявляется через снижение ресурсной зависимости и структурных рисков промышленного производства. Подтверждена. Наблюдается синхронное изменение координат ОХ (I5.0) и ОУ (СЕ) с переходами от квадранта IV к квадрантам IX и V, обусловленными возникновением реакций от одновременных эффектов роста или снижения. Совместное применение бизнес-моделей циркулярной экономики и технологий Индустрии 5.0 способствует снижению ресурсных ограничений и структурных рисков в промышленности. Низкий уровень технологического развития ограничивает возможности внедрения циркулярных моделей в промышленности.

— Гипотеза 4. В логике актуальных исследований «устойчивое развитие» и «циркулярность» рассматриваются как внутренние параметры экономической эффективности промышленного производства в долгосрочной перспективе. Подтверждена. Закрепление значений в квадрантах с одновременным ростом ОХ (I5.0) и ОУ (СЕ). Экономическая эффективность промышленности в долгосрочной перспективе формируется как результат интеграции циркулярных и технологических преобразований, а интеграция циркулярной экономики возможна при наличии

достаточного уровня технологического развития промышленности.

Следовательно, в рамках исследования разработан и эмпирически апробирован авторский методический подход к оценке уровней развития промышленности в условиях перехода к циркулярной экономике и Индустрии 5.0, основанный на использовании Матрицы СЕ × I5.0. Предложенная матрица, опирающаяся на интегральные показатели на основе статистических данных и трехуровневую шкалу интерпретации, обеспечивает комплексный анализ развития промышленности. Результаты статистического анализа и позиционирования исследуемых объектов по квадрантам Матрицы СЕ × I5.0 подтвердили сформулированные авторами гипотезы и выявили устойчивую взаимосвязь между уровнем технологического развития промышленности Индустрии 5.0 и степенью внедрения принципов циркулярной экономики. Научная новизна исследования заключается в обосновании и практической апробации матричного инструментария СЕ × I5.0, позволяющего формализовать синергетический эффект интеграции принципов циркулярной экономики и Индустрии 5.0 на базе системы показателей промышленного развития. Полученные результаты могут быть использованы при разработке программ формирования промышленной политики регионального и национального уровней, технологической модернизации и внедрении инструментов циркулярной экономики в перспективе. К примеру, результаты позволяют оценивать положение промышленной системы с точки зрения уровня технологического развития и степени внедрения циркулярных практик, определять приоритетные направления промышленной модернизации согласно типу промышленного развития, выявлять дисбалансы между технологическим и ресурсно-экологическим развитием, осуществлять мониторинг эффективности реализации программ промышленного и технологического развития путем отслеживания динамики перемещения в матрице.

### Список источников

Акбердина, В. В. (2023). Взаимосвязь расходов на охрану окружающей среды и затрат на цифровизацию. *Актуальные проблемы экономики и управления: сборник статей XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием* (19–20 октября 2023 г.) (с. 274–279). Екатеринбург: Издательство Уральского государственного горного университета.

Акбердина, В. В., Василенко, Е. В. (2021). Инновационная экосистема: теоретический обзор предметной области. *Журнал экономической теории*, 18(3), 462–473. <https://doi.org/10.31063/2073-6517/2021.18-3.10>

Бабкин, А. В., Михайлов, П. А., Шкарупета, Е. В., Гаев, К. Б. (2024). Методика оценки цифровой зрелости промышленного предприятия и экосистемы на основе динамического коэволюционного потенциала. *п-Economy*, 17(4), 153–178. <https://doi.org/10.18721/Е.17410>

Бабкин, А. В., Шкарупета, Е. В., Польщиков, Т. И. (2023). Концепция эффективного устойчивого ESG-развития промышленных экосистем в циркулярной экономике. *Экономическое возрождение России*, (1(75)), 124–139. <https://doi.org/10.37930/1990-9780-2023-1-75-124-139>

- Бобылев, С. Н., Соловьева, С. В. (2020). Циркулярная экономика и ее индикаторы для России. *Мир новой экономики*, 14(2), 63–72. <https://doi.org/10.26794/2220-6469-2020-14-2-63-72>
- Брылева, А. С., Новиков, К. А. (2025). Интегральный подход к измерению экономики замкнутого цикла: теория, методология и региональное применение. *Финансовый менеджмент*, (9), 45–50.
- Булетова, Н. Е., Яббаров, Р. И. (2025). Оценка эффективности внедрения модели экономики замкнутого цикла в региональные системы обращения твердых коммунальных отходов России. *Экономика, предпринимательство и право*, 15(7), 4487–4504. <https://doi.org/10.18334/errp.15.7.123270>
- Ваулин, А. А., Буленко, И. Ю. (2025). Достижение устойчивости промышленного производства через интеграцию принципов циркулярной экономики и передовых технологий автоматизации Индустрии 5.0. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*, 15(5А), 32–43. <https://doi.org/10.34670/AR.2025.75.53.003>
- Вегнер-Козлова, Е. О., Гуман, О. М. (2020). Теоретико-методологические аспекты развития эколого-индустриального пространства. *Journal of New Economy*, 21(4), 28–44. <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2020-21-4-2>
- Ветрова, М. А. (2021). Развитие циркулярной экономики для нивелирования угроз цифровой трансформации в контексте достижения целей устойчивого развития. В *Технологические тренды и наукоёмкая экономика: бизнес, отрасли, регионы* (с. 474–488). Санкт-Петербург: Центр научно-информационных технологий «Астерион».
- Ветрова, М. А. (2025). Оценка уровня готовности субъектов РФ к развитию низкоуглеродной циркулярной экономики. *Экономика устойчивого развития*, (1(61)), 50–60.
- Глазьев, С. Ю. (1993). *Теория долгосрочного технико-экономического развития*. Москва: ВладДар, 310.
- Гурьева, М. А., Юрак, В. В. (2024). Методический инструментарий определения влияния экологического интеллекта на уровень развития циркулярной экономики в нефтегазовой отрасли промышленности России. *Известия Уральского государственного горного университета*, 4(76), 161–174. <https://doi.org/10.21440/2307-2091-2024-4-161-174>
- Игнатьева, М. Н., Юрак, В. В., Душин, А. В., Стровский, В. Е. (2021). Техногенные минеральные образования: проблемы перехода к циркулярной экономике. *Горные науки и технологии*, 6(2), 73–89. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2021-2-73-89>
- Кирильчук, С. П., Ташенова, Л. В., Наливайченко, Е. В. (2024). Экзистенциальный фокус в развитии организаций при переходе к Индустрии 5.0. *п-Economy*, 17(4), 7–24. <https://doi.org/10.18721/Е.17401>
- Кирсанов, А. К. (2023). Обзор современного состояния горнодобывающей промышленности Китая. *Горные науки и технологии*, 8(2), 115–127. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2022-11-35>
- Клейнер, Г. Б. (2022). Инклюзивный рост в экономике замкнутого цикла. *Экономическое возрождение России*, (3(73)), 37–44. <https://doi.org/10.37930/1990-9780-2022-3-73-37-44>
- Клейнер, Г. Б. (2023). Экономические циклы во времени и в пространстве: возможности синтеза. *Научные труды Вольного экономического общества России*, 240(2), 138–168. <https://doi.org/10.38197/2072-2060-2023-240-2-138-168>
- Клейнер, Г. Б., Рыбачук, М. А., Жданов, Д. А. (2023). Интеллект как фактор деятельности фирмы: эмпирическое исследование. *Журнал институциональных исследований*, 15(4), 18–34. <https://doi.org/10.17835/2076-6297.2023.15.4.018-034>
- Кудрявцева, О. В., Митенкова, Е. Н., Солодова, М. А. (2019). Циркулярная экономика как инструмент устойчивого развития России. *Экономическое возрождение России*, (3(61)), 115–126.
- Кудряшов, В. С., Малевская-Малевич, Е. Д. (2024). Анализ концептуальных и принципиальных основ модели циркулярной экономической системы. *Вестник НИИ гуманитарных наук при Правительстве Республики Мордовия*, 16(1(69)), 12–20.
- Лаврикова, Ю. Г., Бучинская, О. Н., Вегнер-Козлова, Е. О. (2022). Зеленый энергопереход российской промышленности: барьеры и пути преодоления. *AlterEconomics*, 19(4), 638–662. <https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2022.19-4.5>
- Лаврикова, Ю. Г., Васильева, Е. Н., Мыслякова, Ю. Г., Суворова, А. В., Берсенев, В. Л., Бакшаев, А. А., Цеменкова, С. И., Ускова, А. Ю., Саломатова, Ю. В., Кулькова, И. А., Секички-Павленко, О. О., Бедрина, Е. Б., Козлова, О. А., Неклюдова, Н. П., Макарова, М. Н., Антонова, О. А., Лопаева, В. А., Воронина, Л. Н., Антропов, В. А. ... Ливенец, М. И. (2024). *Большой Урал: социально-экономические и пространственные изменения в первые десятилетия XXI века*. Екатеринбург: Уральское отделение Российской академии наук, 607.
- Малевская-Малевич, Е. Д. (2024). Системный подход и фреймворк для оценки ESG-рейтингов промышленных предприятий и экосистем. *п-Economy*, 17(2), 163–175. <https://doi.org/10.18721/Е.17209>
- Матюгина, Э. Г., Вусович, О. В., Маликов, А. В. (2024). Благополучие работника в условиях перехода к Индустрии 5.0. *Креативная экономика*, 18(2), 435–454. <https://doi.org/10.18334/ce.18.2.120479>
- Мицкевич, А. (2018). Управленческие шкалы. Шкалы показателей без планового значения. *Управление предприятием*. URL: <https://upr.ru/article/upravlencheskie-shkaly-chast-1-shkaly-pokazateley-bez-planovogo-znacheniya/> (дата обращения: 10.01.2026).
- Мочалова, Л. А. (2020). Циркулярная экономика в контексте реализации концепции устойчивого развития. *Journal of New Economy*, 21(4), 5–27. <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2020-21-4-1>

Пахомова, Н. В., Рихтер, К. К., Ветрова, М. А. (2017). Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*, 33(2), 244–268. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu05.2017.203>

Петров, В. Л., Бурматова, Е. К., Пичуев, А. В. (2025). Интеграция цифровых технологий в процесс проектирования систем электроснабжения горнопромышленных предприятий. *Горные науки и технологии*, 10(4), 393–403. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2025-09-461>

Романова, О. А., Сиротин, Д. В. (2024). От Индустрии 4.0 к Индустрии 5.0: проблемы и возможности развития металлургии России. *Сталь*, (1), 46–52.

Шкарупета, Е. В. (2022). Промышленные циркулярные экосистемы: понятие и классификация. В *Двенадцатые чарновские чтения: сборник трудов XII Всероссийской научной конференции по организации производства (02 декабря 2022 г.)* (с. 131–135). Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана; Некоммерческое партнёрство «Объединение контроллеров».

Шкарупета, Е. В., Ильина, Е. А. (2022). Цифровая циркулярная экономика: концепция, модель, стратегии, фреймворк, технологии. *Организатор производства*, 30(4), 9–17. <https://doi.org/10.36622/VSTU.2022.30.4.001>

Шкарупета, Е. В., Бабкин, А. В. (2023). Трансформация экономической модели: сравнительный анализ интеллектуальной, интеллектуализированной и умной экономики в контексте диджитализации. *Экономика и управление*, 29(12), 1481–1490. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-12-1481-1490>

Шкарупета, Е. В. (2024). Методика оценки циркулярной зрелости промышленной экосистемы. В *Циркулярная экономика для целей устойчивого развития отраслей и территорий: материалы Национальной научно-практической конференции Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова (14–15 мая 2024 г.)* (с. 419–423). Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова. [https://doi.org/10.58168/CIRCULAR2024\\_419-423](https://doi.org/10.58168/CIRCULAR2024_419-423)

de Jesus, A., & Mendonça, S. (2018). Lost in transition? Drivers and barriers in the eco-innovation road to the circular economy. *Ecological Economics*, 145, 75–89. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.08.001>

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy: A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>

Gong, M., He, G., Wang, Y., Yang, Y., & Li, X. (2025). Collaborative industrial agglomeration and a green low-carbon circular development economy: A study based on provincial panel data in China. *Sustainability*, 17(15), 6950. <https://doi.org/10.3390/su17156950>

Hsu, C.-H., Li, Z.-H., Zhuo, H.-J., & Zhang, T.-Y. (2024). Enabling Industry 5.0-driven circular economy transformation: A strategic roadmap. *Sustainability*, 16(22), 9954. <https://doi.org/10.3390/su16229954>

Ignatyeva, M., Yurak, V., Dushin, A., Strovsky, V., Zavyalov, S., Malyshev, A., & Karimova, P. (2021). How far away are world economies from circularity: Assessing the capacity of circular economy policy packages in the operation of raw materials and industrial wastes. *Sustainability*, 13(8), 4394. <https://doi.org/10.3390/su13084394>

Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>

Mesjasz-Lech, A., Kemendi, Á., & Michelberger, P. (2024). Circular manufacturing and Industry 5.0: Assessing material flows in the manufacturing process in relation to e-waste streams. *Engineering Management in Production and Services*, 16(1), 114–133. <https://doi.org/10.2478/emj-2024-0009>

Shafique, M. N., Adeel, U., & Rashid, A. (2024). The synergy between Industry 5.0 and circular economy for sustainable performance in the Chinese manufacturing industry. *Sustainability*, 16(22), 9952. <https://doi.org/10.3390/su16229952>

Süle, E., Keogh, J. G., Rejeb, A., & Rejeb, K. (2025). When industry 5.0 meets the circular economy: A systematic literature review. *Circular Economy and Sustainability*, 5, 2621–2652. <https://doi.org/10.1007/s43615-025-00570-y>

## References

Akberdina, V. V. (2023). The Relationship Between Environmental Protection Expenditures and Digitalization Costs. In *Aktual'nye Problemy Ekonomiki i Upravleniya: Sbornik Statei XI Vserossiiskoi Nauchno-Prakticheskoi Konferentsii s Mezhdunarodnym Uchastiem (Oktyabr' 19–20, 2023) [Current Issues of Economics and Management: Proceedings of the 11th All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation] (October 19–20, 2023)* (pp. 274–279). Ekaterinburg: Ural State Mining University Press. (In Russ.)

Akberdina, V. V., & Vasilenko, E. V. (2021). Innovation Ecosystem: Review of the Research Field. *Zhurnal ekonomicheskoi teorii [Journal of Economic Theory]*, 18(3), 462–473. <https://doi.org/10.31063/2073-6517/2021.18-3.10> (In Russ.)

Babkin, A. V., Mikhailov, P. A., Shkarupeta, E. V., & Gaev, K. B. (2024). Methodology for Assessing the Digital Maturity of an Industrial Enterprise and Ecosystem Based on Dynamic Co-Evolutionary Potential. *π-Economy*, 17(4), 153–178. <https://doi.org/10.18721/JE.17410> (In Russ.)

Babkin, A. V., Shkarupeta, E. V., & Polshchikov, T. I. (2023). The Concept of Effective Sustainable ESG Development of Industrial Ecosystems in a Circular Economy. *Ekonomicheskoe Vozrozhdenie Rossii [Economic Revival of Russia]*, (1(75)), 124–139. <https://doi.org/10.37930/1990-9780-2023-1-75-124-139> (In Russ.)

Bobylev, S. N., & Solovyeva, S. V. (2020). Circular Economy and Its Indicators for Russia. *Mir novoi ekonomiki [The World of New Economy]*, 14(2), 63–72. <https://doi.org/10.26794/2220-6469-2020-14-2-63-72> (In Russ.)

- Bryleva, A. S., & Novikov, K. A. (2025). An Integrated Approach to Measuring the Circular Economy: Theory, Methodology, and Regional Application. *Finansovyi Menedzhment [Financial Management]*, (9), 45–50. (In Russ.)
- Buletova, N. E., & Yabbarova, R. I. (2025). An Assessment of the Effectiveness of the Circular Economy Model in Regional Municipal Solid Waste Management Systems in Russia. *Ekonomika, Predprinimatel'stvo i Pravo [Economics, Entrepreneurship and Law]*, 15(7), 4487–4504. <https://doi.org/10.18334/epp.15.7.123270> (In Russ.)
- de Jesus, A., & Mendonça, S. (2018). Lost in Transition? Drivers and Barriers in the Eco-Innovation Road to the Circular Economy. *Ecological Economics*, 145, 75–89. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.08.001>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy: A New Sustainability Paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Glazyev, S. Yu. (1993). *Teoriya Dolgosrochnogo Tekhniko-Ekonomicheskogo Razvitiya [Theory of Long-Term Techno-Economic Development]*. Moscow: VlaDar, 310 (In Russ.)
- Gong, M., He, G., Wang, Y., Yang, Y., & Li, X. (2025). Collaborative Industrial Agglomeration and a Green Low-Carbon Circular Development Economy: A Study Based on Provincial Panel Data in China. *Sustainability*, 17(15), 6950. <https://doi.org/10.3390/su17156950>
- Gureva, M. A., & Yurak, V. V. (2024). Methodological Tools for Determining the Impact of Environmental Intelligence on the Level of Development of the Circular Economy in the Oil and Gas Industry of Russia. *Izvestiya Ural'skogo Gosudarstvennogo Gornogo Universiteta [News of the Ural State Mining University]*, (4(76)), 161–174. <https://doi.org/10.21440/2307-2091-2024-4-161-174> (In Russ.)
- Hsu, C.-H., Li, Z.-H., Zhuo, H.-J., & Zhang, T.-Y. (2024). Enabling Industry 5.0-Driven Circular Economy Transformation: A Strategic Roadmap. *Sustainability*, 16(22), 9954. <https://doi.org/10.3390/su16229954>
- Ignatyeva, M. N., Yurak, V. V., Dushin, A. V., & Strovsky, V. E. (2021 a). Technogenic Mineral Accumulations: Problems of Transition to Circular Economy. *Gornye Nauki i Tekhnologii [Mining Science and Technology]*, 6(2), 73–89. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2021-2-73-89>
- Ignatyeva, M., Yurak, V., Dushin, A., Strovsky, V., Zavyalov, S., Malyshev, A., & Karimova, P. (2021 b). How Far Away are World Economies from Circularity: Assessing the Capacity of Circular Economy Policy Packages in the Operation of Raw Materials and Industrial Wastes. *Sustainability*, 13(8), 4394. <https://doi.org/10.3390/su13084394>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the Circular Economy: An Analysis of 114 Definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Kirilchuk, S. P., Tashenova, L. V., & Nalivaichenko, E. V. (2024). Existential Focus in the Development of Organizations in the Transition to Industry 5.0. *π-Economy*, 17(4), 7–24. <https://doi.org/10.18721/JE.17401> (In Russ.)
- Kirsanov, A. K. (2023). Chinese Mining Industry: State of the Art Review. *Gornye Nauki i Tekhnologii [Mining Science and Technology]*, 8(2), 115–127. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2022-11-35> (In Russ.)
- Kleiner, G. B. (2022). Inclusive Growth in a Circular Economy. *Ekonomicheskoe Vozrozhdenie Rossii [Economic Revival of Russia]*, (3(73)), 37–44. <https://doi.org/10.37930/1990-9780-2022-3-73-37-44> (In Russ.)
- Kleiner, G. B. (2023). Economic Cycles in Time and Space: Opportunities for Synthesis. *Nauchniye trudy Volnogo Ekonomicheskogo obschestva Rossii [Scientific Works of the Free Economic Society of Russia]*, 240(2), 138–168. <https://doi.org/10.38197/2072-2060-2023-240-2-138-168> (In Russ.)
- Kleiner, G. B., Rybachuk, M. A., & Zhdanov, D. A. (2023). Intelligence as a Factor of Firm's Activity: Empirical Research. *Zhurnal institutsionalnykh issledovaniy [Journal of Institutional Studies]*, 15(4), 18–34. <https://doi.org/10.17835/2076-6297.2023.15.4.018-034> (In Russ.)
- Kudryashov, V. S., & Malevskaya-Malevich, E. D. (2024). Analysis of the Conceptual and Principal Foundations of a Circular Economic System Model. *Vestnik NII Gumanitarnykh Nauk pri Pravitel'stve Respubliki Mordoviya [Bulletin of the Research Institute of the Humanities by the Government of the Republic of Mordovia]*, 16(1(69)), 12–20. (In Russ.)
- Kudryavtseva, O. V., Mitenkova, E. N., & Solodova, M. A. (2019). Circular Economy: Prospects for Sustainable Development in Russia. *Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii [Economic Revival of Russia]*, (3(61)), 115–126. (In Russ.)
- Lavrikova, Yu. G., Buchinskaya, O. N., & Vegner-Kozlova, E. O. (2022). Green Energy Transition of the Russian Industry: Barriers and Ways to Overcome Them. *AlterEconomics*, 19(4), 638–662. <https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2022.19-4.5> (In Russ.)
- Lavrikova, Yu. G., Vasilyeva, E. N., Myslyakova, Yu. G., Suvorova, A. V., Bersenev, V. L., Bakshaev, A. A., Tsemenkova, S. I., Uskova, A. Yu., Salomatova, Yu. V., Kul'kova, I. A., Sekitski-Pavlenko, O. O., Bedrina, E. B., Kozlova, O. A., Neklyudova, N. P., Makarova, M. N., Antonova, O. A., Lopaeva, V. A., Voronina, L. N., Antropov, V. A. ... Livenets, M. I. (2024). *Bol'shoi Ural: Sotsial'no-Ekonomicheskie i Prostranstvennyye Izmeneniya v Pervye Desyatiletiya XXI Veka [Greater Ural: Socio-Economic and Spatial Changes in the First Decades of the 21st Century]*. Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 607. (In Russ.)
- Malevskaya-Malevich, E. D. (2024). A Systematic Approach and Framework for Assessing ESG Ratings of Industrial Enterprises and Ecosystems. *π-Economy*, 17(2), 163–175. <https://doi.org/10.18721/JE.17209> (In Russ.)
- Matyugina, E. G., Vusovich, O. V., & Malikov, A. V. (2024). Employee Well-Being in the Context of Transition to Industry 5.0. *Kreativnaya ekonomika [Creative Economy]*, 18(2), 435–454. <https://doi.org/10.18334/ce.18.2.120479> (In Russ.)

- Mesjasz-Lech, A., Kemendi, Á., & Michelberger, P. (2024). Circular Manufacturing and Industry 5.0: Assessing Material Flows in the Manufacturing Process in Relation to E-Waste Streams. *Engineering Management in Production and Services*, 16(1), 114–133. <https://doi.org/10.2478/emj-2024-0009>
- Mitskevich, A. (2018). Management scales: Indicator scales without planned values. *Upravlenie Predpriyatiem [Enterprise Management]*. URL: <https://upr.ru/article/upravlencheskie-shkaly-chast-1-shkaly-pokazateley-bez-planovogo-znacheniya/> (Date of access: 10.01.2026). (In Russ.)
- Mochalova, L. A. (2020). Circular Economy in the Context of Implementing the Concept of Sustainable Development. *Journal of New Economy*, 21(4), 5–27. <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2020-21-4-1> (In Russ.)
- Pakhomova, N. V., Richter, K. K., & Vetrova, M. A. (2017). Transition to Circular Economy and Closed-Loop Supply Chains as Driver of Sustainable Development. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta. Ekonomika [Vestnik of Saint Petersburg University. Economics]*, 33(2), 244–268. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu05.2017.203> (In Russ.)
- Petrov, V. L., Burmatova, E. K., & Pichuev, A. V. (2025). Integration of Digital Technologies into the Design Process of Power Supply Systems for Mining Enterprises. *Gornye Nauki i Tekhnologii [Mining Science and Technology]*, 10(4), 393–403. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2025-09-461>
- Romanova, O. A., & Sirotin, D. V. (2024). From Industry 4.0 to Industry 5.0: Challenges and Opportunities for the Development of Russian Metallurgy. *Stal' [Steel]*, (1), 46–52. (In Russ.)
- Shafique, M. N., Adeel, U., & Rashid, A. (2024). The Synergy Between Industry 5.0 and Circular Economy for Sustainable Performance in the Chinese Manufacturing Industry. *Sustainability*, 16(22), 9952. <https://doi.org/10.3390/su16229952>
- Shkarupeta, E. V. (2022). Industrial Circular Ecosystems: Concept and Classification. In *Dvenadtsatye Charnovskie Chteniya: Sbornik Trudov XII Vserossiiskoi Nauchnoi Konferentsii po Organizatsii Proizvodstva (02 Dekabrya 2022 G.) [Proceedings of the 12th Charnovsky Readings: All-Russian Scientific Conference on Production Organization (December 2, 2022)]* (pp. 131–135). Moscow: Bauman Moscow State Technical University; Association of Controllers. (In Russ.)
- Shkarupeta, E. V., & Ilyina, E. A. (2022). Digital Circular Economy: Concept, Model, Strategies, Framework, and Technologies. *Organizator Proizvodstva [Organizer of Production]*, 30(4), 9–17. <https://doi.org/10.36622/VSTU.2022.30.4.001> (In Russ.)
- Shkarupeta, E. V., & Babkin, A. V. (2023). Transformation of Economic Model: Comparative Analysis of Intellectual, Intelligent and Smart Economy in the Context of Digitalization. *Ekonomika i Menedzhment [Economics and Management]*, 29(12), 1481–1490. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-12-1481-1490> (In Russ.)
- Shkarupeta, E. V. (2024). Methodology for Assessing the Circular Maturity of an Industrial Ecosystem. In *Tsirkulyarnaya Ekonomika dlya Tselei Ustoichivogo Razvitiya Otrasley i Territorii: Materialy Natsional'noi Nauchno-Prakticheskoi Konferentsii Voronezhskii Gosudarstvennyi Lesotekhnicheskii Universitet Im. G. F. Morozova (14–15 Maya 2024 G.) [Circular Economy for Sustainable Development of Industries and Territories: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference (May 14–15, 2024)]* (pp. 419–423). Voronezh: Voronezh State University of Forestry and Technologies. [https://doi.org/10.58168/CIRCULAR2024\\_419-423](https://doi.org/10.58168/CIRCULAR2024_419-423) (In Russ.)
- Süle, E., Keogh, J. G., Rejeb, A., & Rejeb, K. (2025). When Industry 5.0 Meets the Circular Economy: A Systematic Literature Review. *Circular Economy and Sustainability*, 5, 2621–2652. <https://doi.org/10.1007/s43615-025-00570-y>
- Vaulin, A. A., & Bulenko, I. Yu. (2025). Achieving Sustainability of Industrial Production Through the Integration of Circular Economy Principles and Advanced Industry 5.0 Automation Technologies. *Ekonomika: Vchera, Segodnya, Zavtra [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow]*, 15(5A), 32–43. <https://doi.org/10.34670/AR.2025.75.53.003> (In Russ.)
- Vegner-Kozlova, E. O., & Guman, O. M. (2020). Theoretical and Methodological Aspects of the Eco-Industrial Space Development. *Journal of New Economy*, 21(4), 28–44. <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2020-21-4-2> (In Russ.)
- Vetrova, M. A. (2021). Development of the Circular Economy to Mitigate the Threats of Digital Transformation in the Context of Achieving Sustainable Development Goals. In *Tekhnologicheskie Trendy i Naukoemkaya Ekonomika: Biznes, Otrashi, Regiony [Technological Trends and Knowledge-Intensive Economy: Business, Industries, Regions]* (pp. 474–488). Saint Petersburg: Asterion Center for Scientific and Information Technologies. (In Russ.)
- Vetrova, M. A. (2025). Assessment of the Maturity of Russian Regions for the Development of the Low-Carbon Circular Economy. *Ekonomika Ustoichivogo Razvitiya [Sustainable Development Economics]*, (1(61)), 50–60. (In Russ.)

### Информация об авторах

**Юрак Вера Васильевна** — доктор экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН; главный научный сотрудник кафедры экономики природопользования, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина; профессор кафедры отраслевой экономики, Санкт-Петербургский горный университет Императрицы Екатерины II; научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории рекультивации нарушенных земель и техногенных объектов, Уральский государственный горный университет; Scopus Author ID: 57190411535; <https://orcid.org/0000-0003-1529-3865> (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29; Российская Федерация, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19; Российская Федерация, 199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, д.2; Российская Федерация, 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30; e-mail: vera\_yurak@mail.ru).

**Гурьева Мария Андреевна** — кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики и организации производства, Институт сервиса и отраслевого управления, Тюменский индустриальный университет;

Scopus Author ID: 57190414129; <https://orcid.org/0000-0002-6059-2533> (Российская Федерация, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38; e-mail: [gurevama@tyuiu.ru](mailto:gurevama@tyuiu.ru)).

**Полянская Ирина Геннадьевна** — кандидат экономических наук, доцент, заведующий сектором, ученый секретарь, Институт экономики УрО РАН; Scopus Author ID: 55764050500; <https://orcid.org/0000-0002-0073-2821> (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29; e-mail: [irina-pol2004@mail.ru](mailto:irina-pol2004@mail.ru)).

### About the authors

**Vera V. Yurak** — Dr. Sci. (Econ.), Associate Professor, Senior Researcher, Institute of Economics of the Ural Branch of RAS; Chief Researcher of the Department of Nature Management Economics, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin; Professor of the Department of Industrial Economics, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University; Researcher of the Research Laboratory of Disturbed Lands' and Technogenic Objects' Reclamation, Ural State Mining University; Scopus Author ID: 57190411535; <https://orcid.org/0000-0003-1529-3865> (29, Moskovskaya St., Ekaterinburg, 620014, Russian Federation; 19, Mira St., Ekaterinburg, 620062, Russian Federation; line, no. 2, 21, Vasilievsky Island, Saint Petersburg, 199106, Russian Federation; 30, Kuibysheva St., Ekaterinburg, 620144, Russian Federation; e-mail: [vera\\_yurak@mail.ru](mailto:vera_yurak@mail.ru)).

**Maria A. Gureva** — Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics and Organization of Production, Institute of Service and Industry Management, Industrial University of Tyumen; Scopus Author ID: 57190414129; <https://orcid.org/0000-0002-6059-2533> (38, Volodarsky St., Tyumen, Russian Federation, e-mail: [gurevama@tyuiu.ru](mailto:gurevama@tyuiu.ru)).

**Irina G. Polyanskaya** — Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Head of Sector, Scientific Secretary, Institute of Economics of the Ural Branch of RAS; Scopus Author ID: 55764050500; <https://orcid.org/0000-0002-0073-2821> (29, Moskovskaya St., Ekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: [irina-pol2004@mail.ru](mailto:irina-pol2004@mail.ru)).

### Использование средств ИИ

Авторы заявляют о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

### Use of AI tools declaration

All authors declare that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest.

Дата поступления рукописи: 19.01.2026.

Прошла рецензирование: 26.02.2026.

Принято решение о публикации: 31.03.2026.

Received: 19 Jan 2026.

Reviewed: 26 Feb 2026.

Accepted: 31 Mar 2026.