

DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2023.4.15>UDC 334.7
LBC 65.05Submitted: 25.07.2023
Accepted: 07.09.2023

FORMATION MECHANISM OF A CIRCULAR ECONOMY: THEORETICAL ASPECTS AND PRACTICE IN SOUTH OF RUSSIA

Anastasia Yu. Nikitaeva

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Olga S. Shestopalova

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. Currently, one of the priority concepts that can act as a theoretical platform for the sustainable development of the national economic system is the circular economy. Despite all the advantages theoretically justified and confirmed by practice, the practical implementation of a closed-loop economy requires an effective formation mechanism for this economic model. For the Russian economy, it is advisable to study such a mechanism at the level of the regional economy. With this in mind, the study defines the content of the mechanism for the formation of a closed-cycle economy. The formation mechanism of a circular economy is considered in the paper as a synthetic category encompassing a set of principles, methods, subjects, algorithms, technologies, structures, and resources through which the transition to a closed-loop economy is carried out. The study specifies the key components of this mechanism and identifies indicators that allow quantifying the availability and effectiveness of the formation mechanism of a circular economy in different regions of the country. The paper shows that these indicators are mainly connected with the digitalization of the economy, the presence of new forms of economic interaction (organization of the economy), innovation, environmental protection, and rational use of resources. Taking this into consideration, a multiple regression model in the study was built, which allowed us to determine the indicators and, accordingly, the factors that have the greatest positive impact on the implementation of the circular transition at the mesolevel. The empirical analysis is based on data from the regions of the Southern Federal District and the North Caucasian Federal District. Indicators that positively influence the formation of a closed-loop economy are the share of organizations using artificial intelligence and the number of industrial parks. Consequently, in order to form a circular economy, governments should take measures aimed at increasing the presence of these elements of the mechanism in the economies of their regions, develop the use of artificial intelligence, and establish industrial parks, including eco-industrial parks. In addition, the role of the state and the formation of a specialized institutional environment and infrastructure, including logistics, are of great importance for the successful transition to a circular economy in the south of the country.

Key words: circular economy, South of Russia, formation mechanism, development of a closed-cycle economy, circular transition.

Citation. Nikitaeva A. Yu., Shestopalova O.S., 2023. Formation Mechanism of Circular Economy: Theoretical Aspects and Practice in South of Russia. *Regionalnaya ekonomika. Yug Rossii* [Regional Economy. South of Russia], vol. 11, no. 4, pp. 170-181. (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2023.4.15>

УДК 334.7
ББК 65.05Дата поступления статьи: 25.07.2023
Дата принятия статьи: 07.09.2023

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ПРАКТИКА ЮГА РОССИИ

Анастасия Юрьевна Никитаева

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

© Никитаева А.Ю., Шестопалова О.С., 2023

Ольга Сергеевна Шестопалова

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В настоящее время одной из приоритетных концепций, способных выступить теоретической платформой устойчивого развития национальной хозяйственной системы, является циркулярная экономика. Несмотря на все теоретически обоснованные и подтверждаемые практикой преимущества, практическое воплощение экономики замкнутого цикла требует наличия действенного механизма формирования данной экономической модели. Для российской экономики целесообразно исследование такого механизма на уровне региональной экономики. С учетом этого в исследовании определено содержание механизма формирования экономики замкнутого цикла. Механизм формирования циркулярной экономики рассматривается в работе как синтетическая категория, охватывающая совокупность принципов, методов, субъектов, алгоритмов, технологий, структур и ресурсов, посредством которых осуществляется переход к экономике замкнутого цикла. В исследовании обоснованы ключевые составляющие данного механизма и определены показатели, которые позволяют количественно оценить наличие и действенность механизмов формирования циркулярной экономики в регионах страны. В работе показано, что, как правило, эти показатели связаны с цифровизацией экономики, наличием новых форм экономического взаимодействия (организации экономики), инновациями, охраной окружающей среды и рациональным использованием ресурсов. С учетом этого в исследовании построена модель множественной регрессии, которая позволила определить показатели и, соответственно, факторы, оказывающие наибольшее положительное влияние на осуществление циркулярного перехода на мезоуровне. Эмпирический анализ проведен на данных по регионам Южного федерального округа и Северо-Кавказского федерального округа. Показателями, положительно влияющими на формирование экономики замкнутого цикла, являются доля организаций, использующих искусственный интеллект, и количество индустриальных парков. Следовательно, для формирования циркулярной экономики правительствам следует принимать меры, направленные на увеличение присутствия данных элементов механизма в экономике своих регионов, развивать использование искусственного интеллекта и основывать индустриальные, в частности экоиндустриальные, парки. Кроме того, большое значение играет роль государства и формирование специализированной институциональной среды и инфраструктуры, в том числе логистической, для успешного перехода к циркулярной экономике на Юге страны.

Ключевые слова: циркулярная экономика, Юг России, механизм формирования, развитие экономики замкнутого цикла, циркулярный переход.

Цитирование. Никитаева А. Ю., Шестопалова О. С., 2023. Механизм формирования циркулярной экономики: теоретические аспекты и практика Юга России // Региональная экономика. Юг России. Т. 11, № 4. С. 170–181. DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2023.4.15>

Постановка проблемы

В настоящее время циркулярная экономика (экономика замкнутого цикла, англ. circular economy) выступает в качестве одной из ведущих экономических концепций, рассматриваемых как основа обеспечения устойчивого развития, повышения конкурентоспособности хозяйствующих субъектов, региональных и национальных экономик, синхронизированного достижения положительных социальных и экологических эффектов и экономического роста и развития в условиях ресурсных ограничений и цифровой трансформации общества в рамках Индустрии 4.0 [Chen, Dagestani, 2023; Skare, Gavurova, Kovac, 2023; Ren et al., 2023; Mukherjee et al., 2023; Agliardi, Kasioumi, 2023; Savini, 2023]. Экспоненциальным ростом характеризуется количество научных публикаций по проблемам циркуляризации экономики (31 статья в 2009 г., 4 092 статьи в 2022 г.) и число их цитирований (24 цитаты в 2009 г., 72 927 цитат в 2022 г.)

в теме «Циркулярная экономика» («Circular economy») в наукометрической системе wizdom.ai.

Циркулярную экономику можно определить как экономическую систему, в которой материалы циркулируют в замкнутом цикле [Yuan, Bi, Moriguchi, 2006]; как стратегии, которые сужают ресурсные петли [Bocken et al., 2016]; как экономическую систему, в которой потребление ресурсов и отходы, выбросы и утечки энергии сводятся к минимуму за счет цикличности, расширения, интенсификации и дематериализации материальных и энергетических циклов [Geissdoerfer et al., 2020].

Несмотря на распространение в теоретическом пространстве концепции циркулярной экономики, ее практическое воплощение в реальных хозяйственных системах не осуществляется автоматически, носит локальный и ограниченный характер, крайне лимитированной остается доля данной экономической модели по сравнению с линейной [Saccani, Bressanelli, Visintin, 2023; Prieto-Sandoval et al., 2018]. Ряд исследований в этой

связи ориентированы на поиск факторов, которые могут выступить драйверами перехода к циркулярной экономике [Aloini et al., 2020; Косолапова et al., 2023]. В то же время важным и недостаточно проработанным представляется изучение комплексных механизмов циркуляризации экономических систем, которые позволяют объединить вместе различные факторы, технологии и инструменты перехода к экономике замкнутого цикла. При этом нужно учитывать, что разные регионы России обладают различным уровнем развития циркулярной экономики [Никитаева, Шестопалова, 2022]. В данном исследовании, принимая во внимание специфику российской экономики и ее территорий, предлагается уточненное понятие механизма циркуляризации с учетом перехода к экономике замкнутого цикла применительно к хозяйственным системам мезоуровня (субъектам РФ) с фокусировкой влияния на регионах Юга России.

Сущность механизма формирования циркулярной экономики

При рассмотрении механизма формирования циркулярной экономики следует отметить, что соответствующее понятие не является устоявшимся в научной литературе. В общем виде «механизм» в экономическом контексте – это система взаимодействия экономических субъектов и институтов, которая обеспечивает функционирование экономики в целом и определенных ее секторов в частности.

Й. Шумпетер использовал термин «механизм» для описания концепции «творческого разрушения», которая предполагает, что развитие экономики происходит через постоянное разрушение старых способов производства и создание новых, более эффективных и инновационных [Шумпетер, 1982].

Д. Норт применял термин «механизм» для описания процессов, которые стимулируют изменения институтов (технологические инновации, социальные движения и экономические кризисы и т. д.) и регулируют их функционирование [Норт, 1997].

А.Н. Бычкова выделяет три подхода к определению понятия «экономический механизм», при этом объединяющей характеристикой в них видит то, что механизм – это множество взаимосвязанных элементов, которые приводят в движение объект [Бычкова, 2010]. В рамках первого подхода механизм рассматривается как инструмент воздействия (процесс управления

объектом). Второй подход раскрывает механизм как инструмент взаимодействия субъектов. С позиций третьего подхода механизм – это определенная последовательность взаимосвязанных экономических явлений. Такие механизмы могут быть открытого и закрытого типов. Открытый тип экономического механизма порождает новое экономическое явление, а закрытого – воспроизводит исходное явление в различных масштабах [Бычкова, 2010].

При этом в современных общественных науках использование категории механизма предполагает достаточно четкое разграничение на «механизм формирования» и «механизм функционирования» [Партнерские технологии ... , 2016]. Применительно к рассматриваемой проблеме перехода от линейной экономической модели к модели замкнутого цикла в данном исследовании следует сконцентрировать внимание на механизме формирования циркулярной экономики.

Если речь идет о механизме формирования, то можно говорить о процессе, который определяет, какие факторы и в каком порядке влияют на конечный результат. Механизм формирования может быть описан как система или процедура, которая определяет, как ресурсы распределяются, какие решения принимаются и какие результаты достигаются. Данный механизм приобретает разные формы и инструменты функционирования в зависимости от контекста и целей. Он может быть централизованным или децентрализованным, формальным или неформальным, управляемым или саморегулируемым.

Концепция механизма формирования была исследована экономистами в разных контекстах и в рамках разнообразных подходов. Механизмы данного типа широко используются в экономической науке, являясь ключевым элементом в разработке стратегий управления и принятии решений.

Развитие циркулярной экономики требует нового подхода к производству, потреблению и управлению бизнесом, в котором отходы рассматриваются как ценные ресурсы. Для изменения подхода к использованию ресурсов можно прибегнуть к трем способам [Экономика будущего ... , 2022]: полностью закрыть производственный цикл (переработка материалов, восстановление товаров); сузить цикл настолько, насколько это возможно (использование лучшего дизайна товаров); замедлить его (ремонт, аренда и совместное использование).

Формирование экономики замкнутого цикла требует соблюдения ее основных принципов, включающих предотвращение образования отходов, максимальное извлечение ценных свойств из использованных товаров, применение системы раздельного сбора отходов и восстановление экосистем. Отходы могут быть использованы в качестве альтернативных источников энергии и представляют ценный экономический ресурс, заменяющий традиционные энергоносители, такие как уголь, нефть, газ и древесина. Более того, выстраивание новых логистических цепочек и применение инновационных технологий извлечения полезных компонентов позволяют сделать стоимость вторичных ресурсов более экономически оправданной. В результате сокращается потребность в разработке новых месторождений, появляются рынки потребительских и производственных отходов, деятельность субъектов в рамках которых, в свою очередь, уже будет связана с механизмом функционирования циркулярной экономики.

В России в настоящее время развитие экономики замкнутого цикла находится на начальной стадии, но активно ведется институционализация соответствующих процессов. В качестве примера можно привести федеральные проекты «Чистая страна» и «Комплексная система обращения с ТКО», которые являются частью национального проекта «Экология», который начался в 2018 г. [Национальный проект ... , 2023]. С 2022 по 2030 г. планируется реализовать новый федеральный проект «Экономика замкнутого цикла» [Экономика будущего ... , 2022]. Учитывая, что ведущую роль, согласно мировому опыту, в переходе к циркулярной экономике играет государство, можно отметить, что новые институты имеют важное значение в механизме формирования экономики замкнутого цикла.

Вместе с тем требуется создание инфраструктуры для переработки отходов и повторного использования ресурсов, включая экотехнопарки, перерабатывающие мощности, цифровые модели и логистическую поддержку. Важно также обеспечить открытое и доверительное взаимодействие власти и общества при реализации масштабных проектов, в том числе за счет использования ресурсов социальных сетей. Данные составляющие сопряжены с вопросами «принятия» циркуляризации. Однако, наряду с качественными составляющими механизма, связанными с появлением новых формальных и неформальных институтов, требуется особое вни-

мание уделять тем его компонентам, которые имеют количественное выражение. Это позволит оценить результативность формирования механизма циркулярной экономики в конкретных регионах страны.

В целом же по результатам исследования можно заключить, что механизм формирования циркулярной экономики – это синтетическая категория, охватывающая совокупность принципов, методов, субъектов, алгоритмов, технологий, структур и ресурсов, посредством которых осуществляется переход к экономике замкнутого цикла.

Исследование механизма формирования циркулярной экономики на региональном уровне: направления и показатели

Изучение механизмов формирования экономики замкнутого цикла требует понимания того, какими показателями можно эмпирически измерить степень их развитости в определенных регионах. Для этого изначально необходимо определить, какие характеристики должны описывать данные по этим показателям.

В настоящее время ключевыми, задающими основное содержательное наполнение и векторы развития циркулярной экономики выступают четыре теоретико-концептуальных блока: 1) концепция устойчивого развития; 2) экосистемный подход к трансформации форм организации экономики; 3) Индустрия 4.0; 4) инновации бизнес-моделей [Никитаева, 2022]. С учетом этого механизм перехода к циркулярной экономике должен основываться на следующих принципах: сбалансированность и устойчивость; охват всей цепочки создания, доставки и получения ценности; инновационность; преимущественное использование экосистемных форм организации деятельности; использование в качестве технологического ядра сквозных технологий Индустрии 4.0.

Российские исследователи в оценке циркулярной экономики предлагают концентрироваться именно на показателях, отражающих адаптированные для России задачи и индикаторы ЦУР [Бобылев, Соловьева, 2020]. Однако в данном исследовании важно учесть не только показатели, характеризующие уровень развития циркулярной экономики в стране, но и показатели, позволяющие оценить механизмы формирования данной экономической модели на региональном уровне.

Фактором, явно оказывающим позитивное влияние на циркулярный переход, выступают технологии Индустрии 4.0. В частности, цифровые решения создают возможности для разработки новых платформенных бизнес-моделей, позволяют реализовать сложные экосистемные организации через ИТ-обеспечение взаимодействия участников цепочек создания стоимости, переводить материальные потоки в виртуальные и т. д. Использование цифровых инструментов фактически обуславливает и обеспечивает на информационно-коммуникационном, аналитическом, технологическом уровнях изменение всей цепочки создания стоимости при инновациях бизнес-моделей [Toth-Peter et al., 2023]. Практически все составляющие бизнес-модели предприятия, переориентированного на экономику замкнутого цикла: сервисные модели, обратные потоки, циркулярный дизайн, коллаборации, управление жизненным циклом продукта и др. – базируются на использовании интернета вещей, больших данных, облачных сервисов, искусственного интеллекта, данные по использованию которых в организациях конкретного региона можно использовать для исследования механизмов формирования в нем экономики замкнутого цикла.

Применение экосистемного подхода предполагает, что для изменения бизнес-моделей, без трансформации которых невозможно создание экономики замкнутого цикла, требуется сотрудничество взаимозависимых субъектов в циркулярных системах, формирование многоуровневых симбиотических экосистем, инклюзивное вовлечение заинтересованных сторон, создание специальных моделей управления. Кроме того, формирование циркулярных бизнес-моделей предполагает изменение ролей и отношений, экономических и коллаборативных ценностей, а также всей цепочки создания стоимости [Asgari A., Asgari R., 2021].

В качестве показателей для коллабораций и экосистемных форм организации деятельности есть основания использовать данные по количеству действующих в регионе или находящихся в стадии создания кластеров, промышленных и технопарков, так как они косвенно свидетельствуют об эффективном развитии партнерских отношений в экономике, которые позволяют субъектам организовывать сложные, инновационные, совместные проекты.

Российские исследователи Е.В. Каплюк и К.С. Руднева в своей статье предлагают ряд статистических показателей (рис. 1), по которым

Удельный вес организаций, осуществляющих экологические инновации
Доля уловленных и обезвреженных загрязняющих атмосферу веществ
Удельный вес организаций, осуществляющих технологические инновации
Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг
Используемые передовые производственные технологии
Энергоемкость ВРП
Осуществление вторичной переработки (рециркуляции) отходов производства, воды или материалов
Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВРП
Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов
Текущие (эксплуатационные) затраты на охрану окружающей среды на обращение с отходами
Затраты на экологические инновации

Рис. 1. Показатели для оценки потенциала перехода регионов к циркулярной экономике

Примечание. Составлено по: [Каплюк, Руднева, 2022].

можно оценить инновационный ландшафт и потенциал перехода российских регионов к экономике замкнутого цикла [Каплюк, Руднева, 2022]. Приведенный перечень показателей охватывает также элементы устойчивости и экологичности как ее составляющей.

Таким образом, для исследования механизмов формирования экономики замкнутого цикла используются различные эмпирические показатели и данные по конкретным территориям, которые характеризуют определенные элементы циркулярных бизнес-моделей и принципы формирования циркулярной экономики.

В основном эти показатели связаны с цифровизацией экономики, наличием новых форм экономического взаимодействия, инновациями, охраной окружающей среды и рациональным использованием ресурсов.

Инструментарий оценки механизма циркуляризации региональной экономики Юга России

Различная степень выраженности показателей, характеризующих различные аспекты циркулярной экономики, может свидетельствовать о наличии или отсутствии элементов механизма формирования экономики замкнутого цикла. Чтобы понимать, насколько такие механизмы представлены в конкретных территориях и как влияют на производство, целесообразно проследить их влияние на один из основных показателей, который отображает циркулярность экономики региона, – энергоемкость ВРП (для регионов России имеет особое значение как результирующий индикатор, так как отражает эффективность использования энергетических ресурсов, занимающих большую долю в себестоимости отечественной продукции).

Для решения данной задачи в исследовании использован регрессионный анализ и показатели российской статистики по данным за 2020 г. [Энергоемкость ВВП (ВРП), 2022; Регионы России ... , 2021; Абдрахманова и др., 2021; Индустриальные парки ... , 2020], позволяющие охарактеризовать механизмы формирования циркулярной экономики по 15 регионам Южного федерального округа и Северо-Кавказского федерального округа, которые образуют Юг России.

Для дальнейшего анализа введем обозначения:

– y (зависимая переменная) – энергоемкость ВРП, кг условного топлива / 10 тыс. рублей;

– x_1 – объем оборотной и последовательно используемой воды, млн куб. м;

– x_2 – затраты на внедрение и использование цифровых технологий, млн рублей;

– x_3 – расходы на охрану окружающей среды, млн рублей;

– x_4 – удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации в общем числе обследованных организаций, %;

– x_5 – удельный вес организаций, использующих облачные сервисы, в общем числе организаций, %;

– x_6 – удельный вес организаций, использующих технологии сбора, обработки и анализа больших данных, в общем числе организаций, %;

– x_7 – удельный вес организаций, использующих цифровые платформы, в общем числе организаций, %;

– x_8 – удельный вес организаций, использующих интернет вещей, в общем числе организаций, %;

– x_9 – удельный вес организаций, использующих технологии искусственного интеллекта, в общем числе организаций, %;

– x_{10} – количество кластеров (создающихся и действующих), шт.;

– x_{11} – количество индустриальных парков (создающихся и действующих), шт.;

– x_{12} – количество технопарков (создающихся и действующих), шт.

Изначально для рассмотрения был выбран также показатель доли уловленных и обезвреженных загрязняющих атмосферу веществ в общем количестве отходящих загрязняющих веществ от стационарных источников, однако уже на предварительном этапе он был исключен из анализа, так как не имел значения для Республики Ингушетия.

Анализ проводился с помощью построения модели множественной регрессии на данных по регионам Южного федерального округа и Северо-Кавказского федерального округа. В качестве зависимой переменной выступила энергоемкость ВРП региона (y), а в качестве независимых изначально были взяты данные по 12 показателям, которые характеризуют элементы механизма формирования экономики замкнутого цикла. В результате данная модель должна показать, как именно элементы механизма формирования циркулярной экономики влияют на энергоемкость ВРП, которая является одним из главных показателей циркуляризации экономики, из чего можно будет сделать вывод относительно самых влиятельных факторов и предло-

жить конкретные действия для ускорения формирования экономики замкнутого цикла на данных территориях.

Регрессионный анализ выполняется с помощью программ STATISTICA и Gretl. Изначально была построена модель на основе метода наименьших квадратов, с линейной спецификацией, которая включала в себя все имеющиеся показатели (рис. 2). Однако ни один из регрессоров (факторов) не был статистически значимым – все p -значения гораздо больше 0,05. Незначимым также является уравнение в целом – p -значение для F -критерия больше 0,5. Поэтому такую модель нельзя использовать для дальнейшей интерпретации, следует исключить из рассмотрения некоторое количество факторов.

Для определения конкретных регрессоров, которые стоит исключить, была построена корреляционная матрица. Значения более 0,7 вышли у данных пар факторов: x_6 и x_8 , x_1 и x_{10} , x_4 и x_{10} , x_2 и x_{12} . Для начала были исключены x_1 и x_4 – их заменяет x_{10} , а также x_2 и x_6 . Таким образом, была исключена мультиколлинеарность факторов.

После исключения факторов, создающих мультиколлинеарность, модель заново была построена уже без них (рис. 3). Однако даже после исключения некоторых факторов статистически значимыми стали только два регрессора – x_8 и x_{11} . А уравнение регрессии в целом так и не стало статистически значимым – p -значение для F -критерия больше 0,05. Для дальнейшего иссле-

Модель 1: МНК, использованы наблюдения 1-15
Зависимая переменная: y

	коэффициент	ст. ошибка	t-статистика	p-значение
const	44,2531	188,872	0,2343	0,8366
x1	-0,0231721	0,0283468	-0,8174	0,4996
x2	0,000205937	0,00402461	0,05117	0,9638
x3	0,00356876	0,00567994	0,6283	0,5940
x4	-1,07815	3,17676	-0,3394	0,7666
x5	-0,702127	4,86857	-0,1442	0,8985
x6	-4,44478	14,4636	-0,3073	0,7877
x7	11,6496	15,1310	0,7699	0,5219
x8	10,4808	14,6262	0,7166	0,5480
x9	-18,3561	21,3484	-0,8598	0,4805
x10	21,7431	26,4844	0,8210	0,4979
x11	-4,35378	7,92175	-0,5496	0,6378
x12	-2,63643	23,6907	-0,1113	0,9216
Среднее завис. перемен	106,5247	Ст. откл. завис. перемен	37,97240	
Сумма кв. остатков	2103,940	Ст. ошибка модели	32,43409	
R-квадрат	0,895776	Исправ. R-квадрат	0,270430	
F(12, 2)	1,432448	F-значение (F)	0,483351	

Рис. 2. Первичная модель, включающая все факторы (регрессоры) перехода к циркулярной экономике

Примечание. На рисунках 2–5 представлены расчеты, произведенные по данным: [Энергоемкость ВВП (ВРП), 2022; Регионы России ..., 2021; Абдрахманова и др., 2021; Индустриальные парки ..., 2020].

gretl: модель 13

Файл Правка Тесты Сохранить Графики Анализ LaTeX

Модель 13: МНК, использованы наблюдения 1-15
Зависимая переменная: y

	коэффициент	ст. ошибка	t-статистика	p-значение
const	23,0729	47,1886	0,4890	0,6422
x3	0,00251709	0,00210576	1,195	0,2771
x5	-0,845933	1,45920	-0,5797	0,5832
x7	5,99679	4,11740	1,456	0,1955
x8	7,67579	2,02379	3,793	0,0090 ***
x9	-15,5443	11,4685	-1,355	0,2241
x10	3,24640	3,62843	0,8947	0,4054
x11	-4,46573	2,17488	-2,053	0,0858 *
x12	-1,59199	5,78366	-0,2753	0,7924
Среднее завис. перемен	106,5247	Ст. откл. завис. перемен	37,97240	
Сумма кв. остатков	3729,047	Ст. ошибка модели	24,93006	
R-квадрат	0,815272	Исправ. R-квадрат	0,568967	
F(8, 6)	3,310015	F-значение (F)	0,081020	
Лог. правдоподобие	-62,65301	Крит. Акаике	143,3060	
Крит. Шварца	149,6785	Крит. Хеммана-Куинна	143,2381	

обратите внимание на сокращенные обозначения статистики

Исключая константу, наибольшее p-значение получено для переменной 13 (x12)

Рис. 3. Регрессионная модель без мультиколлинеарных факторов перехода к циркулярной экономике

дования и интерпретации этого недостаточно, поэтому из модели были исключены факторы x_5 , x_{10} и x_{12} , так как они имеют наибольшие p -значения среди остальных факторов.

После данных преобразований была составлена модель из оставшихся пяти факторов – x_3 , x_7 , x_8 , x_9 , x_{11} (рис. 4). Оценка по первоначальным показателям дает понять, что данную модель адекватно использовать для дальнейшего анализа, так как 3 из 5 регрессоров статистически значимы, и само уравнение регрессии в целом также значимо.

Первым шагом анализа стала контрольная проверка на мультиколлинеарность факторов в модели с помощью корреляционной матрицы и метода инфляционных факторов. Оба метода показывают, что мультиколлинеарность отсутствует: в матрице нет значений более 0,7, а в инфляционных факторах – значений более 10.

Далее была проверена правильность выбранной спецификации модели (линейной) с помощью RESET-теста. P -значение равно 0,253, что больше уровня 0,05, а значит, нулевая гипотеза о верности спецификации принимается. Следовательно, в данной модели линейная спецификация является верной.

Затем был рассчитан множественный коэффициент корреляции, он равен 0,883894, или 88,4 %, что говорит о сильной связи между значениями энергоёмкости ВРП и всеми факторами, включенными в модель.

После этого была проведена оценка коэффициента детерминации (R -квадрат), он равен 78,1 %, то есть дисперсия энергоёмкости ВРП на 78,1 % объяснена факторами, включенными в модель. Остальная дисперсия объясняется факторами, которые не были включены в модель.

Скорректированный R -квадрат равен 65,98 % (значение скорректировано на число независимых переменных).

Оценка статистической значимости коэффициентов регрессии с помощью t -критерия Стьюдента показала, что на уровне 1 % значимым является фактор x_8 , его p -значение менее 0,01 (0,0013). На уровне 10 % значимыми являются x_9 и x_{11} , соответствующие значения 0,0955 и 0,0612. Факторы x_3 и x_7 оказались статистически незначимыми. По F -критерию Фишера уравнение регрессии в целом можно признать статистически значимым, p -значение – 0,0082, что менее 0,05.

Далее были рассчитаны частные коэффициенты корреляции по регрессорам: x_3 (0,38), x_7 (0,497), x_8 (0,839), x_9 (–0,527), x_{11} (–0,58). Наибольшее влияние на значения энергоёмкости ВРП с учетом взаимного влияния остальных регрессоров оказывает фактор x_8 (использование интернета вещей), а наименьшее – x_3 (расходы на охрану окружающей среды).

Перед финальной интерпретацией модели было также проверено выполнение условий Гаусса – Маркова, которое необходимо для получения наилучшего результата анализа.

Первое условие (случайный характер остатков) выполняется, на графике разброса остатков от расчетных значений линия тренда горизонтальна, то есть остатки – это случайные величины.

Второе условие (нулевое среднее значение остатков и независимость от x -ов) выполняется, что подтверждается описательными статистиками и графиками разброса, не имеющими направленности.

Третье условие (гомоскедастичность) выполняется, что подтверждается тестами Вайта

Модель 18: МНК, использованы наблюдения 1-15				
Зависимая переменная: y				
	коэффициент	ст. ошибка	t-статистика	p-значение
const	17,9883	37,7122	0,4770	0,6447
x_3	0,00218242	0,00176863	1,234	0,2485
x_7	6,08904	3,54145	1,719	0,1197
x_8	7,04702	1,52515	4,621	0,0013 ***
x_9	-17,6952	9,50304	-1,862	0,0955 *
x_{11}	-3,31461	1,55038	-2,138	0,0612 *
Среднее завис. перемен	106,5247	Ст. откл. завис. перемен	37,97240	
Сумма кв. остатков	4415,448	Ст. ошибка модели	22,14961	
R -квадрат	0,781269	Исправ. R -квадрат	0,659752	
$F(5, 9)$	6,429282	P -значение (F)	0,008246	
Лог. правдоподобие	-63,92019	Крит. Акаике	139,8404	
Крит. Шварца	144,0887	Крит. Хеннана-Куинна	139,7951	
обратите внимание на сокращенные обозначения статистики				

Рис. 4. Финальная версия модели множественной регрессии факторов перехода к циркулярной экономике

и Бройша – Пэгана, в которых принимается нулевая гипотеза об отсутствии гетероскедастичности, так как p -значения более 0,05 (рис. 5).

Четвертое условие (отсутствие автокорреляции остатков) выполняется, на основе статистик Дарбина – Уотсона: D (крит.) = 2,205; dL = 0,562; dU = 2,22. D критическое попадает в интервал принятия гипотезы об отсутствии автокорреляции.

Пятое условие (нормальное распределение) также выполняется, основываясь на гистограммах и тесте на нормальное распределение, где принимается нулевая гипотеза, так как p -значения более 0,05.

Таким образом, полученная модель является хорошей по качеству, и ее можно использовать для интерпретации коэффициентов регрессии.

Итоговый вид уравнения модели выглядит следующим образом:

$$Y = 17,988 + 0,002 \cdot X3 + 6,089 \cdot X7 + 7,047 \times \\ \times X8 - 17,695 \cdot X9 - 3,315 \cdot X11.$$

Возможна следующая экономическая интерпретация коэффициентов:

- увеличение расходов на охрану окружающей среды на 1 млн рублей приводит к увеличению энергоемкости ВРП на 0,002 кг условного топлива / 10 тыс. рублей;

- увеличение удельного веса организаций, использующих цифровые платформы, на 1 % приводит к увеличению энергоемкости ВРП на 6,089 кг условного топлива / 10 тыс. рублей;

- увеличение удельного веса организаций, использующих интернет вещей, на 1 % приводит к увеличению энергоемкости ВРП на 7,047 кг условного топлива / 10 тыс. рублей;

- увеличение удельного веса организаций, использующих технологии искусственного интеллекта, на 1 % приводит к уменьшению энергоем-

кости ВРП на 17,697 кг условного топлива / 10 тыс. рублей;

- увеличение количества промышленных парков на 1 единицу приводит к уменьшению энергоемкости ВРП на 3,315 кг условного топлива / 10 тыс. рублей.

Результаты и выводы

Полученные результаты оценки механизмов формирования циркулярной экономики в регионах Юга России позволяют сделать вывод о том, что наиболее положительно влияющими на формирование экономики замкнутого цикла факторами являются те, которые связаны с использованием сквозных технологий Индустрии 4.0 и новыми, экосистемными формами организации экономики. Соответствующими показателями выступают доля организаций, использующих искусственный интеллект, и количество промышленных парков. Отрицательное влияние других факторов может быть объяснено тем, что при внедрении этих цифровых технологий повышается использование электроэнергии и поэтому энергоемкость ВРП возрастает, это может негативно сказаться на циркуляризации экономики. Следовательно, для успешного формирования циркулярной экономики региональным правительствам, наряду с общими мерами по развитию институциональной среды и инфраструктуры экономики замкнутого цикла, следует принимать меры, направленные на увеличение присутствия данных элементов механизма в экономике своих регионов, развивать использование искусственного интеллекта и обеспечивать создание и развития промышленных парков, в том числе экоиндустриальных, содействующих моделям совместного потребления, ресурсоэффективности и симбиотических отношений хозяйствующих субъектов.

```

Тест на нормальное распределение ошибок -
Нулевая гипотеза: ошибки распределены по нормальному закону
Тестовая статистика: Хи-квадрат(2) = 0,727484
p-значение = 0,69507

Тест Вайта (White) на гетероскедастичность (только квадраты) -
Нулевая гипотеза: гетероскедастичность отсутствует
Тестовая статистика: LM = 10,27
p-значение = P(Хи-квадрат(10) > 10,27) = 0,417135

Тест Бройша-Пэгана (Breusch-Pagan) на гетероскедастичность -
Нулевая гипотеза: гетероскедастичность отсутствует
Тестовая статистика: LM = 6,01707
p-значение = P(Хи-квадрат(5) > 6,01707) = 0,304561
    
```

Рис. 5. Тесты регрессионной модели перехода к циркулярной экономике на выполнение условий Гаусса – Маркова

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Абдрахманова Г. И., Вишневецкий К. О., Гохберг Л. М. и др. Индикаторы цифровой экономики: 2021 : стат. сб., 2021. М. : НИУ ВШЭ. 380 с.
- Бобылев С. Н., Соловьева С. В., 2020. Циркулярная экономика и ее индикаторы для России // Мир новой экономики. № 2. С. 63–72. DOI: 10.26794/2220-6469-2020-14-2-63-72
- Бычкова А., 2010. Экономический механизм: определение, классификация и применение // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». № 4. С. 37–43.
- Индустриальные парки и технопарки России, 2020. URL: <https://russiaindustrialpark.ru/article/perechen-spisok-promyshlennyh-klasterov-rossii-2020-god>
- Каплюк Е. В., Руднева К. С., 2022. Стратегическая диагностика инновационного ландшафта южнороссийских регионов: институты, инструменты, потенциал перехода к циркулярной экономике // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. № 3. С. 112–120. DOI: 10.22394/2079-1690-2022-1-3-112-120
- Косолапова Н. А., Матвеева Л. Г., Никитаева А. Ю., Чернова О. А., 2023. Драйверы формирования циркулярной экономики: теория vs практика // Terra Economicus. № 21 (2). С. 68–83. DOI: 10.18522/2073-6606-2023-21-2-68-83
- Национальный проект «Экология», 2023. URL: https://www.mnr.gov.ru/activity/np_ecology/
- Никитаева А. Ю., 2022. Концептуальные рамки и инструментальная база развития циркулярной экономики на Юге России // Современные проблемы управления в социально-экономических системах: цифровая трансформация экономики, культуры и общества : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., г. Ростов-на-Дону, 25–28 апр. 2022 г. Ростов н/Д : Юж. федер. ун-т. С. 30–35.
- Никитаева А. Ю., Шестопалова О. С., 2022. Оценка уровня развития циркулярной экономики в регионах России // Региональная экономика. Юг России. Т. 10, № 3. С. 97–109. DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2022.3.10>
- Норт Д., 1997. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики. М. : Фонд экон. кн. «Начала». 190 с.
- Партнерские технологии активизации инновационного развития промышленности Юга России, 2016. Ростов н/Д : Изд-во Юж. федер. ун-та. 274 с.
- Регионы России. Социально-экономические показатели. 2021 : стат. сб., 2021. М. : [б. и.]. 1122 с.
- Шумпетер Й., 1982. Теория экономического развития. М. : Прогресс. 458 с.
- Экономика будущего: Россия начинает переход на новую модель, 2022. URL: <https://национальныепроекты.рф/news/ekonomika-budushchego-rossiya-nachinaet-perekhod-na-novuyu-model>
- Энергоемкость ВВП (ВРП), 2022 // Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/energo.xlsx>
- Agliardi E., Kasioumi M., 2023. Closing the Loop in a Duopolistic Circular Economy Model // International Journal of Production Economics. Vol. 262. P. 108927. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108927>
- Asgari A., Asgari R., 2021. How Circular Economy Transforms Business Models in a Transition Towards Circular Ecosystem: The Barriers and Incentives // Sustainable Production and Consumption. Vol. 28. P. 566–579. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.06.020>
- Aloini D., Dulmin R., Mininno V., Stefanini A., Zerbino P., 2020. Driving the Transition to a Circular Economic Model: A Systematic Review on Drivers and Critical Success Factors in Circular Economy // Sustainability. Vol. 12 (24). P. 10672. DOI: 10.3390/su122410672
- Bocken N. M. P., de Pauw I., Bakker C., van der Grinten B., 2016. Product Design and Business Model Strategies for a Circular Economy // Journal of Industrial and Production Engineering. Vol. 33 (5). P. 308–320. DOI: 10.1080/21681015.2016.1172124
- Chen P., Dagestani A. A., 2023. What Lies About Circular Economy Practices and Performance? Fresh Insights from China // Journal of Cleaner Production. Vol. 416. P. 137893. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137893>
- Geissdoerfer M., Pieroni M. P. P., Pigosso D. C. A., Soufani K., 2020. Circular Business Models: A Review // Journal of Cleaner Production. Vol. 277. P. 123741. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123741>
- Mukherjee P. K., Das B., Bhardwaj P. K., Tampha S., Singh H. K., Chanu L. D., Sharma N., Devi S. I., 2023. Socio-Economic Sustainability with Circular Economy – an Alternative Approach // Science of the Total Environment. Vol. 904. P. 166630. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166630>
- Prieto-Sandoval V., Ormazabal M., Jaca C., Viles E., 2018. Key Elements in Assessing Circular Economy Implementation in Small and Medium-Sized Enterprises // Business Strategy and the Environment. Vol. 27 (8). P. 1–10. DOI: 10.1002/bse.2210
- Ren Y., Li R., Wu K.-J., Tseng M.-L., 2023. Discovering the Systematic Interlinkages Among the Circular Economy, Supply Chain, Industry 4.0, and Technology Transfer: A Bibliometric Analysis // Cleaner and Responsible Consumption. Vol. 9. P. 100123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clrc.2023.100123>
- Saccani N., Bressanelli G., Visintin F., 2023. Circular Supply Chain Orchestration to Overcome Circular Economy Challenges: An Empirical Investigation in the Textile and Fashion Industries // Sustainable Production and Consumption. Vol. 35. P. 469–482. DOI: 10.1016/j.spc.2022.11.020
- Savini F., 2023. Futures of the Social Metabolism: Degrowth, Circular Economy and the Value of Waste // Futures. Vol. 150. P. 103180. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2023.103180>

- Skare M., Gavurova B., Kovac V., 2023. Investigation of Selected Key Indicators of Circular Economy for Implementation Processes in Sectorial Dimensions // *Journal of Innovation & Knowledge*. Vol. 8, iss. 4. P. 100421. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100421>
- Toth-Peter A., de Oliveira R.T., Mathews S., Barner L., Figueira S., 2023. Industry 4.0 as an Enabler in Transitioning to Circular Business Models: A Systematic Literature Review // *Journal of Cleaner Production*. Vol. 393. P. 136284. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136284>
- Yuan Z., Bi J., Moriguchi Y., 2006. The Circular Economy: A New Development Strategy in China // *Journal of Industrial Ecology*. Vol. 10. P. 4–8. DOI: <https://doi.org/10.1162/108819806775545321>

REFERENCES

- Abdrakhmanova G.I., Vishnevsky K.O., Gokhberg L.M., et al. *Indikatoriy cifrovoy ekonomiki: 2021: stat. sb.* [Digital Economy Indicators: 2021. Statistical Collection], 2021. Moscow, NIU VShE. 380 p.
- Bobylev S.N., Solovyeva S.V., 2020. Cirkulyarnaya ekonomika i ee indikatoriy dlya Rossii [Circular Economy and Its Indicators for Russia]. *Mir novoy ekonomiki* [The World of the New Economy], no. 2, pp. 63-72. DOI: 10.26794/2220-6469-2020-14-2-63-72
- Bychkova A., 2010. Ekonomicheskij mekhanizm: opredelenie, klassifikaciya i primeneniye [Economic Mechanism: Definition, Classification and Application]. *Vestnik Omskogo universiteta. Seriya «Ekonomika»* [Bulletin of Tomsk University. The “Economy” Series], no. 4, pp. 37-43.
- Industrialnye parki i tekhnoparki Rossii* [Industrial Parks and Technoparks of Russia], 2020. URL: <https://russiaindustrialpark.ru/article/perechen-spisok-promyshlennyh-klasterov-rossii-2020-god>
- Kapluyk E.V., Rudneva K.S., 2022. Strategicheskaya diagnostika innovacionnogo landshafta yuzhnorossijskih regionov: instituty, instrumenty, potencial perekhoda k cirkulyarnoj ekonomike [Strategic Diagnosis of the Innovative Landscape of the Southern Russian Regions: Institutions, Instruments, the Potential of Transition to a Circular Economic]. *Gosudarstvennoe i municipalnoe upravlenie. Uchenye zapiski* [State and Municipal Management. Scholar Notes], no. 3, pp. 112-120. DOI: 10.22394/2079-1690-2022-1-3-112-120
- Kosolapova N.A., Matveeva L.G., Nikitaeva A.Yu., Chernova O.A., 2023. Drajvery formirovaniya cirkulyarnoj ekonomiki: teoriya vs praktika [The Drivers of the Circular Economy: Theory vs Practice]. *Terra Economicus*, no. 21 (2), pp. 68-83. DOI: 10.18522/2073-6606-2023-21-2-68-83
- Nacionalnyj projekt «Ekologiya»* [National Project “Ecology”], 2023. URL: https://www.mnr.gov.ru/activity/np_ecology/
- Nikitaeva A.Yu., 2022. Konceptualnye ramki i instrumentalnaya baza razvitiya cirkulyarnoj ekonomiki na Yuge Rossii [Conceptual Framework and Instrumental Basis for the Development of the Circular Economy in the South of Russia]. *Sovremennye problemy upravleniya v socialno-ekonomicheskikh sistemah: cifrovaya transformaciya ekonomiki, kultury i obshchestva: materialy IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., g. Rostov-na-Donu, 25–28 apr. 2022 g.* [Modern Problems of Management in Socio-Economic Systems: Digital Transformation of Economy, Culture and Society. Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference, Rostov-on-Don, April 25–28, 2022]. Rostov-on-Don, Yuzh. feder. un-t, pp. 30-35.
- Nikitaeva A.Yu., Shestopalova O.S., 2022. Ocenka urovnya razvitiya cirkulyarnoj ekonomiki v regionah Rossii [Assessment of Development Level of Circular Economy in Regions of Russia]. *Regionalnaya ekonomika. Yug Rossii* [Regional Economy. South of Russia], vol. 10, no. 3, pp. 97-109. DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2022.3.10>
- Nort D., 1997. *Instituty, institucionalnye izmeneniya i funkcionirovaniye ekonomiki* [Institutions, Institutional Changes and the Functioning of the Economy]. Moscow, Fond ekon. kn. «Nachala». 190 p.
- Partnerskie tekhnologii aktivizacii innovacionnogo razvitiya promyshlennosti Yuga Rossii* [Partner Technologies to Activate the Innovative Development of Industry in the South of Russia], 2016. Rostov-on-Don, Izd-vo Yuzh. feder. un-ta. 274 p.
- Regiony Rossii. Socialno-ekonomicheskie pokazateli. 2021: stat. sb.* [Regions of Russia. Socio-Economic Indicators. 2021. Statistical Collection], 2021. Moscow, s.n. 1122 p.
- Schumpeter J., 1982. *Teoriya ekonomicheskogo razvitiya* [Theory of Economic Development]. Moscow, Progress Publ. 458 p.
- Ekonomika budushchego: Rossiya nachinaet perekhod na novuyu model* [The Economy of the Future: Russia Begins the Transition to a New Model], 2022. URL: <https://национальныепроекты.рф/news/ekonomika-budushchego-rossiya-nachinaet-perekhod-na-novuyu-model>
- Energoemkost VVP (VRP) [Energy Intensity of GDP (GRP)], 2022. *Federalnaya sluzhba gosudarstvennoj statistiki* [Federal State Statistics Service.] URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/energo.xlsx>
- Agliardi E., Kasioumi M., 2023. Closing the Loop in a Duopolistic Circular Economy Model. *International Journal of Production Economics*, vol. 262, p. 108927. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108927>
- Asgari A., Asgari R., 2021. How Circular Economy Transforms Business Models in a Transition Towards Circular Ecosystem: The Barriers and Incentives. *Sustainable Production and Consumption*, vol. 28, pp. 566-579. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.06.020>

- Aloini D., Dulmin R., Mininno V., Stefanini A., Zerbino P., 2020. Driving the Transition to a Circular Economic Model: A Systematic Review on Drivers and Critical Success Factors in Circular Economy. *Sustainability*, vol. 12 (24), p. 10672. DOI: 10.3390/su122410672
- Bocken N.M.P., de Pauw I., Bakker C., van der Grinten B., 2016. Product Design and Business Model Strategies for a Circular Economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, vol. 33 (5), pp. 308-320. DOI: 10.1080/21681015.2016.1172124
- Chen P., Dagestani A.A., 2023. What Lies About Circular Economy Practices and Performance? Fresh Insights from China. *Journal of Cleaner Production*, vol. 416, p. 137893. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137893>
- Geissdoerfer M., Pieroni M.P.P., Pigosso D.C.A., Soufani K., 2020. Circular Business Models: A Review. *Journal of Cleaner Production*, vol. 277, p. 123741. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123741>
- Mukherjee P.K., Das B., Bhardwaj P.K., Tampha S., Singh H.K., Chanu L.D., Sharma N., Devi S.I., 2023. Socio-Economic Sustainability with Circular Economy – An Alternative Approach. *Science of the Total Environment*, vol. 904, p. 166630. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166630>
- Prieto-Sandoval V., Ormazabal M., Jaca C., Viles E., 2018. Key Elements in Assessing Circular Economy Implementation in Small and Medium-Sized Enterprises. *Business Strategy and the Environment*, vol. 27 (8), pp. 1-10. DOI: 10.1002/bse.2210
- Ren Y., Li R., Wu K.-J., Tseng M.-L., 2023. Discovering the Systematic Interlinkages Among the Circular Economy, Supply Chain, Industry 4.0, and Technology Transfer: A Bibliometric Analysis. *Cleaner and Responsible Consumption*, vol. 9, p. 100123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clrc.2023.100123>
- Saccani N., Bressanelli G., Visintin F., 2023. Circular Supply Chain Orchestration to Overcome Circular Economy Challenges: An Empirical Investigation in the Textile and Fashion Industries. *Sustainable Production and Consumption*, vol. 35, pp. 469-482. DOI: 10.1016/j.spc.2022.11.020
- Savini F., 2023. Futures of the Social Metabolism: Degrowth, Circular Economy and the Value of Waste. *Futures*, vol. 150, p. 103180. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2023.103180>
- Skare M., Gavurova B., Kovac V., 2023. Investigation of Selected Key Indicators of Circular Economy for Implementation Processes in Sectorial Dimensions. *Journal of Innovation & Knowledge*, vol. 8, iss. 4, p. 100421. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100421>
- Toth-Peter A., de Oliveira R.T., Mathews S., Barner L., Figueira S., 2023. Industry 4.0 as an Enabler in Transitioning to Circular Business Models: A Systematic Literature Review. *Journal of Cleaner Production*, vol. 393, p. 136284. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136284>
- Yuan Z., Bi J., Moriguchi Y., 2006. The Circular Economy: A New Development Strategy in China. *Journal of Industrial Ecology*, vol. 10, pp. 4-8. DOI: <https://doi.org/10.1162/108819806775545321>

Information About the Authors

Anastasia Yu. Nikitaeva, Doctor of Sciences (Economics), Professor, Head of the Department of Informational Economics, Southern Federal University, M. Gorkogo St, 88, 344002 Rostov-on-Don, Russian Federation, aunikitaeva@sfnu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0406-7440>

Olga S. Shestopalova, Student, Department of Informational Economics, Southern Federal University, M. Gorkogo St, 88, 344002 Rostov-on-Don, Russian Federation, shesto@sfnu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5047-4808>

Информация об авторах

Анастасия Юрьевна Никитаева, доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой информационной экономики, Южный федеральный университет, ул. М. Горького, 88, 344002 г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, aunikitaeva@sfnu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0406-7440>

Ольга Сергеевна Шестопалова, студент кафедры информационной экономики, Южный федеральный университет, ул. М. Горького, 88, 344002 г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, shesto@sfnu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5047-4808>